

# Températures de base pour la germination de quatre espèces de mauvaises herbes

\*M. L. Leblanc<sup>1</sup>, D. C. Cloutier<sup>2</sup>, D. L. Benoit<sup>3</sup>, A. Légère<sup>4</sup>, C. Lemieux<sup>4</sup>, L. Assémat<sup>5</sup> et C. Hamel<sup>6</sup>

**Résumé,** \*M. L. Leblanc<sup>1</sup>, D. C. Cloutier<sup>2</sup>, D. L. Benoit<sup>3</sup>, A. Légère<sup>4</sup>, C. Lemieux<sup>4</sup>, L. Assémat<sup>5</sup> et C. Hamel<sup>6</sup>. **Températures de base pour la germination de quatre espèces de mauvaises herbes.** *Agrosol*. 15 (1) : 18-22. Les graines de quatre espèces de mauvaises herbes annuelles, provenant de deux régions du Québec, Canada, ont été mises à germer afin de déterminer leur température de base. Les températures de base du chénopode blanc (*Chenopodium album* L.), de l'amarante à racine rouge (*Amaranthus retroflexus* L.), de l'échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.) et de la sétaire verte (*Setaria viridis* [L.] Beauv.) étaient respectivement 4, 8, 11 et 12 ± 1 °C pour le lot de graines provenant de l'est du Québec et < 3, > 16, 12 et 12 ± 1 °C pour le lot du sud-ouest du Québec.

**Mots clés :** graine de mauvaises herbes, germination, température de base.

**Abstract,** \*M. L. Leblanc<sup>1</sup>, D. C. Cloutier<sup>2</sup>, D. L. Benoit<sup>3</sup>, A. Légère<sup>4</sup>, C. Lemieux<sup>4</sup>, L. Assémat<sup>5</sup> and C. Hamel<sup>6</sup>. **Base temperature for seed germination of four annual weed species of Quebec.** *Agrosol*. 15 (1) : 18-22. Seeds of four annual weed species were collected at two locations in the province of Quebec and incubated at different temperatures to determine their base temperature for germination. The base temperatures for common lambsquarters (*Chenopodium album* L.), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.), barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.), and green foxtail (*Setaria viridis* [L.] Beauv.) were 4, 8, 11, and 12 ± 1 °C, respectively for an eastern Quebec seed lot and <3, >16, 12, and 12 ± 1 °C, respectively for a southwestern Quebec lot.

**Keywords:** weed seed, germination, base temperature.

## Introduction

Au Québec, la levée des mauvaises herbes est généralement observée en association avec le réchauffement du sol au printemps. Les températures froides de l'hiver brisent la dormance des graines des annuelles d'été et les rendent aptes à germer (Baskin et Baskin 1989). Cependant, le bris de la dormance ne conduit pas nécessairement à la germination

des graines puisque les graines non dormantes nécessitent des conditions spécifiques pour leur germination. Lorsque l'humidité du sol n'est pas restreinte, la température du sol joue un rôle majeur dans l'initiation de la germination des graines (Leblanc et al. 1998). Les espèces de mauvaises herbes, comme les différentes cultures, ont une température de base en dessous de laquelle il n'y a aucune germination. La

connaissance de la température de base pour la germination des graines de mauvaises herbes est nécessaire pour calculer l'accumulation des degrés-jours utilisée dans les modèles de prédiction de levée des mauvaises herbes (Wiese et Binning 1987; Leblanc et al. 2003).

Une compréhension du moment de levée des mauvaises herbes peut améliorer l'efficacité de répression des mauvaises

1. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 3300, rue Sicotte, C. P. 480, Saint-Hyacinthe (Québec), J2S 7B8, Canada

\*Auteur pour la correspondance : téléphone : (450)778-6522 ext. 250, télécopieur : (450)778-6539, courriel : maryse.leblanc@irda.qc.ca.

2. Institut de malherbologie, C.P. 222, Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec), H9X 3R9, Canada

3. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en horticulture, 430, boul. Gouin, Saint-Jean-Sur-Richelieu (Québec) J3B 3E6, Canada

4. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, boul. Hochelaga, Sainte-Foy (Québec), G1V 2J3, Canada

5. Institut national de recherche agronomique, UMR biologie et gestion des adventices, B.P. 86510, 21065 Dijon Cedex, France

6. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherches agricoles de la région semi-aride, C.P. 1030, Swiftcurrent (Saskatchewan), S9H 3X2, Canada

herbes et réduire l'utilisation des herbicides (Harvey et Forcella, 1993). Les modèles de levée de mauvaises herbes sont considérés comme des outils potentiels pour l'optimisation de l'utilisation des herbicides. Près de 73 % de tous les herbicides utilisés en agriculture au Québec sont appliqués sur le maïs (*Zea mays* L.) (Gorse 1999). Plus de 60 espèces de mauvaises herbes annuelles ont été observés dans les champs de maïs dans un projet étudiant la levée des mauvaises herbes dans le sud-ouest du Québec (Leblanc 2001; Leblanc et al. 2002). Le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.) et l'échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.) étaient les espèces les plus abondantes, représentant respectivement 37 et 22 % de la densité totale des mauvaises herbes annuelles. L'amarante à racine rouge (*Amaranthus retroflexus* L.) et la sétaire verte (*Setaria viridis* [L.] Beauv.) étaient fréquentes dans les champs de maïs mais moins abondantes, avec respectivement 5 et 1 % de la densité totale des mauvaises herbes annuelles.

Dans une étude Allemande, Lauer (1953) a mis en germination des graines de différentes espèces de mauvaises herbes à sept températures constantes : 2,5, 7, 13, 20, 25, 30 et 35 °C. La température minimum de germination des graines a été entre 2 et 5 °C pour le chénopode blanc, 7 °C pour l'amarante à racine rouge, 13 °C pour la sétaire verte et 20 °C pour l'échinochloa pied-de-coq. Au Minnesota, Harvey et Forcella (1993) ne rapportent aucune germination du chénopode blanc à 3 °C et peu à 4 °C. Au Wisconsin, Wiese et Binning (1987) ont testé la germination de graines de mauvaises herbes à 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 et 32 °C. Aucune germination n'a été observée à 4 °C pour le chénopode blanc et aucune à 8 °C pour l'amarante à racine rouge et l'échinochloa pied-de-coq. Les mêmes chercheurs ont estimé la température de base pour ces mauvaises herbes et, selon la méthode de calcul utilisée, ils ont obtenu 6, 5,2 et 7,1 °C pour le chénopode blanc, 10, 10,1 et 12,5 °C pour l'amarante à racine rouge et 9,7, 6,2 et 9,4 °C pour l'échinochloa pied-de-

coq. En Ontario, Weaver et al. (1988) ont rapporté 2,9 et 9,7 °C comme température de base pour le chénopode blanc et la sétaire verte, respectivement. Aussi, en Ontario, Roman et al. (2000) ont estimé la température de base pour la germination du chénopode blanc à 4,2 °C. Banting et al. (1973) n'ont rapporté aucune germination des graines de la sétaire verte durant 10 jours à 4,4 °C et seulement un nombre limité à 10 °C pour des graines récoltées au Manitoba. En Alberta, Vanden Born (1971) a noté que la germination de la sétaire verte est survenue immédiatement à des températures entre 15 et 35 °C mais aucun signe visible de germination n'est apparu à 10 °C durant 4 semaines. Orykott et al. (1997) ont estimé la température de base de l'amarante à racine rouge à 15 °C. Plusieurs études suggèrent également la possibilité de variations de température de base entre les biotypes et écotypes existant à l'intérieur de l'espèce de différentes régions géographiques (Stilwell et Sweet 1975).

Plusieurs des températures de base rapportées dans la littérature sont des valeurs estimées et obtenues par extrapolation. Phelps et Finch-Savage (1997) ont rapporté que ces méthodes peuvent donner une pauvre estimation de la température de base et suggèrent d'éviter l'extrapolation et de mesurer directement la température de base. Par conséquent, l'objectif de cette étude est de déterminer la température de base de populations québécoises de chénopode blanc, d'échinochloa pied-de-coq, d'amarante à racine rouge, et de sétaire verte en observant directement la germination des graines à l'intérieur d'un intervalle de températures constantes au lieu d'extrapoler leur température de base.

## Matériel et méthodes

### Sites

Les graines de mauvaises herbes utilisées dans cette étude ont été recueillies sur 2 sites distants de 250 km : dans

l'est du Québec près de la ville de Québec (46° 48' N et 71° 13' O) et dans le sud-ouest du Québec près de Saint-Jean-sur-Richelieu (45° 18' N et 73° 15' O). Ces deux sites ont des climats et des conditions de croissance différents. Le site de l'est du Québec est en moyenne 2 °C plus froid que celui du sud-ouest du Québec (Anonymous 2003). Les graines de mauvaises herbes ont été récoltées à partir de plants matures en 1995 dans l'est du Québec et en 1993 pour le chénopode blanc et en 1994 pour l'amarante à racine rouge, l'échinochloa pied-de-coq et la sétaire verte dans le sud-ouest du Québec (tableau 1). Les graines ont été nettoyées immédiatement après la récolte et entreposées à 4 °C dans le noir pendant un minimum d'un an.

### Viabilité des graines

Une expérience pour déterminer la viabilité des graines de mauvaises herbes a été initiée en juin 1996. Le dispositif expérimental était en blocs aléatoires complets avec 6 répétitions de 50 ou de 25 graines par vase de Pétri respectivement pour les lots du sud-ouest et de l'est du Québec. Le nombre de graines par vase de Pétri était moindre pour le lot de l'est à cause du nombre total de graines récoltées. Les graines ont été déposées sur un papier filtre humide Whatman no. 3 et incubées à 20 °C pour 11 jours. Les graines ayant germé (radicule émergée de l'enveloppe de la graine) ont été comptées et enlevées à 1, 2, 3, 7, 10 et 11 jours après le début de l'expérience. Les graines restantes qui étaient encore fermes ont été testées au tétrazolium, suivant la procédure standard, afin de déterminer leur viabilité (Anonymous 1970). La viabilité des graines a été calculée en additionnant le nombre total de graines germées au nombre de graines viables selon le test de tétrazolium et en divisant cette valeur par le nombre total de graines testées. Les valeurs de viabilité des graines ont été utilisées pour calculer le pourcentage de graines germées dans la section suivante.

### Expériences avec la plaque à gradient thermique

D'autres expériences ont été réalisées afin de déterminer s'il y a ou non une germination des graines à différentes températures données et par la suite, d'identifier la température de base de chacune des quatre espèces de mauvaises herbes étudiées. Cinquante graines du sud-ouest du Québec et 25 de l'est du Québec ont été placées dans un vase de Pétri de 10 cm de diamètre sur une couche de papier filtre Whatman n° 3. Les papiers filtres ont été gardés humides tout au long de l'expérience en ajoutant de l'eau distillée lorsque nécessaire. Les vases de Pétri ont été placés sur une plaque à gradient thermique comportant 176 cellules disposées en rangées de 16 par 11 et dont la température est contrôlée individuellement (modifié de McLaughlin et al. 1985). La plaque à gradient thermique a été maintenue à différentes températures constantes avec une précision de  $\pm 1$  °C. L'expérience était complètement aléatoire avec 3 répétitions pour chacune des températures. Les graines germées ont été comptées et enlevées à tous les jours durant une période de 18 jours. La première expérience a été initiée en mai 1996 et répétée en août 1996 avec les mêmes lots de graines. L'intervalle des températures expérimentées a été ajusté dans le second essai afin de se rapprocher le plus possible de la température de base.

Conséquemment, certaines températures testées en mai n'ont pas été répétées en août. Pour les deux expériences, les graines de mauvaises herbes ont été testées à chaque degré de température à l'intérieur d'un intervalle donné. Dans l'expérience de mai, l'intervalle de température variait entre 3 et 8 °C pour le chénopode blanc, 9 et 13 °C pour l'échinochloa pied-de-coq, 10 et 16 °C pour l'amarante à racine rouge et 6 et 12 °C pour la sétaire verte. Dans l'expérience du mois d'août, le même intervalle de température a été testé pour le chénopode blanc et l'échinochloa pied-de-coq tandis que l'intervalle de température était entre 7 et 13 °C pour l'amarante à racine rouge et 12 et 15 °C pour la sétaire verte. Le pourcentage total de germination a été déterminé pour chaque température.

### Analyses statistiques

Les données ont fait l'objet d'analyses de variance utilisant SAS (1999) et testées pour la normalité et l'additivité. Les données n'ont pas été transformées. Le pourcentage de graines viables à l'intérieur de chaque espèce a été comparé entre les lots. Le nombre cumulatif de graines germées après 18 jours a permis de déterminer la température de base des différentes espèces expérimentées. Les moyennes et leur écarts-type sont présentés.

## Résultats et discussion

### Viabilité des graines

La viabilité des graines de mauvaises herbes variait entre 30 et 86 % (tableau 1). Les graines d'amarante à racine rouge provenant du lot du sud-ouest du Québec (1994-S) avaient tendance à avoir un pourcentage de germination plus élevé à 20 °C et aussi plus de graines viables (dormantes) selon le test de tétrazolium que celles provenant de l'est (1995-E) mais la différence n'était pas significative ( $P > 0,05$ ). En additionnant ces deux valeurs, le pourcentage total de viabilité était significativement plus élevé de 18 % avec le lot 1994-S ( $P \leq 0,05$ ). Les graines du chénopode blanc du lot du sud-ouest (1993-S) avaient un pourcentage de germination plus faible à 20 °C que celles du lot de l'est (1995-E). Il n'y avait pas de différence significative dans le pourcentage des graines dormantes entre les lots. Le pourcentage total de viabilité du lot S-1993 était 23 % plus faible que celui du lot E-1995. Les graines d'échinochloa pied-de-coq du lot du sud-ouest (1994-S) avaient un pourcentage de germination plus élevé à 20 °C et une dormance plus faible que celles du lot de l'est (1995-E). Cependant, le pourcentage total de viabilité n'était pas significativement différent entre les deux lots. Les graines de sétaire verte du lot du sud-ouest (1994-S) avaient un pourcentage faible de germi-

Tableau 1. Années de récolte, site et viabilité des graines de mauvaises herbes.

Mauvaises herbes	Lot Année-origine <sup>(2)</sup>	Graines ayant germé à 20 °C		Graines dormantes (viables selon le test de tétrazolium)		Total des graines viables <sup>(1)</sup>	
		Moy <sup>(3)</sup>	SD <sup>(4)</sup>	Moy	SD	Moy	SD
----- (%) -----							
Amarante à racine rouge	1994-S	43,3	16,5	28,0	15,0	71,3	15,1
	1995-E	33,6	6,9	19,7	9,1	53,3	12,8
Chénopode blanc	1993-S	56,0	11,8	7,3	4,7	63,3	11,4
	1995-E	79,6	6,6	6,7	4,7	86,3	5,7
Échinochloa pied-de-coq	1994-S	74,7	12,6	0,7	1,6	75,3	13,0
	1995-E	51,3	11,7	12,0	5,1	63,3	15,9
Sétaire verte	1994-S	23,3	3,9	6,7	4,8	30,0	4,2
	1995-E	58,6	9,0	6,7	3,0	65,3	7,3

(1) Les graines ayant germé à 20 °C plus les graines viables selon le test de tétrazolium divisées par le nombre total de graines.

(2) E= lot de l'est du Québec; S= lot du sud-ouest du Québec.

(3) Moyenne.

(4) Écart-type.

**Tableau 2. Germination cumulative des lots de graines récoltées dans l'est et l'ouest du Québec et incubées à différentes températures sur une plaque à gradient thermique.**

Mauvaises herbes	Température (°C)	Germination cumulative après 18 jours (%)					
		1993-S <sup>(1)</sup>		1994-S		1995-E	
		Moy <sup>(2)</sup>	SD <sup>(3)</sup>	Moy	SD	Moy	SD
Amarante à racine rouge	7			0	0	0	0
	8			0	0	1,9	3,2
	9			0	0	5,6	5,6
	10			0	0	5,6	8,7
	11			0	0	8,4	6,9
	15			0	0	9,4	8,6
	16			0	0	11,2	5,6
Chénopode blanc	3	0,8	1,9			0	0
	4	0,4	0,9			1,0	2,6
	5	2,3	3,6			2,1	5,2
	6	2,7	2,7			2,1	3,3
	7	6,2	5,2			4,2	5,2
	8	10,0	4,1			6,3	8,0
	10			0	0	0	0
Échinochloa pied-de-coq	11			0	0	2,6	2,9
	12			4,7	10,1	17,7	11,5
	13			26,8	13,4	26,6	10,6
Sétaire verte	11			0	0	0	0
	12			0,5	1,2	6,7	16,3
	13			2,0	3,5	17,8	15,0
	14			3,1	3,1	40,0	13,3
	15			11,2	18,0	35,6	27,8

(1) E= Lot de l'est du Québec; S= lot du sud-ouest du Québec.

(2) Moyenne.

(3) Écart-type.

nation (23 %) à 20 °C. La dormance des 2 lots était similaire. Les graines de sétaire verte du lot 1994-S avaient la moitié de la viabilité du lot 1995-E. Cette expérience ne permettait pas de distinguer l'effet des années de récolte ou de sites.

### Températures de base

Les espèces de mauvaises herbes répondaient différemment aux différentes températures testées (tableau 2). Le chénopode blanc germe à des températures plus froides que les autres espèces de mauvaises herbes. Sa température de base a été établie à  $< 3 \pm 1$  °C pour le lot du sud-ouest (1993-S) et à  $4 \pm 1$  °C pour le lot de l'est (1995-E). Considérant la précision de la plaque à gradient thermique de  $\pm 1$  °C, la valeur de la température de base pour le chénopode blanc était similaire à celle rapportée par Harvey et Forcella (1993), Lauer (1953),

Roman et al. (2000), et Weaver et al. (1988). Cependant, elle est différente de celle trouvée par Wiese et Binning (1987) qui l'ont estimé plus élevée de 2-3 °C que nos résultats. Puisque les graines de chénopode blanc germent à basse température, une différence de moins de 1 °C entre les températures testées serait nécessaire pour déterminer une température de base plus précise. La température de base de l'amarante à racine rouge observée pour le lot de l'est (1995-E) ( $8 \pm 1$  °C) concordait avec celle rapportée dans la littérature citée ci-dessus. Cependant, le lot 1994-S avait une température de base plus élevée que l'intervalle de température qui a été testé sur la plaque à gradient thermique. Wiese et Binning (1987) et Oryokot et al. (1997) ont estimé la température de base de l'amarante à racine rouge respectivement plus élevée de 2 et à 7 °C que la valeur de température de base enregistrée ici pour le

lot 1995-E. Ces variations en besoin thermique entre les populations de l'est et de l'ouest du Québec suggèrent la possibilité de l'existence de différents biotypes et/ou une dormance plus grande dans le lot 1994-S lequel nécessite une température plus élevée pour que la germination débute (Ogg et Dawson 1984). Les valeurs de température de base de l'échinochloa pied-de-coq des deux lots étaient similaires. Elles étaient de  $12 \pm 1$  °C pour le lot 1994-S et de  $11 \pm 1$  °C pour le lot 1995-E. La température de base trouvée dans notre étude était plus faible de 8 °C que celle rapportée par Lauer (1953) et plus élevée de 2 °C que l'estimation faite de celle-ci par Wiese et Binning (1987). La température de base de la sétaire verte était  $12 \pm 1$  °C pour les lots 1994-S et 1995-E. Cette donnée est similaire à celle rapportée par Lauer (1953) mais plus élevée de 2 °C que celle estimée par Weaver et al. (1988) et Banting et al. (1973).

Les températures de base trouvées dans cette étude diffèrent dans certains cas de celles rapportées dans la littérature. Ces différences peuvent s'expliquer par une adaptation des espèces à différents climats mais aussi par les méthodes utilisées pour estimer la température de base, lesquelles peuvent introduire des erreurs et des biais dans les résultats, comme l'explique Phelps et Finch-Savage (1997). Les températures de base déterminées dans cette étude peuvent servir de point de référence pour des études plus approfondies sur ces espèces, incluant la modélisation de la levée utilisant les degrés-jours (Leblanc 2001; Leblanc et al. 2003). Cependant, ces résultats doivent être utilisés avec discernement puisque la manipulation des graines peut introduire des artefacts et la simulation de températures sous environnement contrôlé n'est pas nécessairement équivalente au climat et aux conditions de sol qui prévalent au champ durant la germination des graines de mauvaises herbes.

## Remerciements

Nous tenons à remercier le Dr Gordon Thomas (Centre de recherche de Saskatoon, Agriculture et Agroalimentaire Canada) de nous avoir permis d'utiliser la plaque à gradient thermique et Tricia Hrycak pour son aide technique.

## Références bibliographiques

- Anonymous. 1970. Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds. Handbook on seed testing : Contribution no. 29. Tetrazolium Testing Committee of the Association of Official seed Analysts, D.F. Grabe (ed.). The Association, Washington, DC. 62 p.
- Anonymous. 2003. Canadian climate normals. Meteorological Service of Canada. Environment Canada. Web page: [http://climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate\\_normals](http://climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals) Accès: le 27 octobre 2003.
- Banting, J.D., E. S. Molberg and J. P. Gebhardt. 1973. Seasonal emergence and persistence of green foxtail. *Can. J. Plant Sci.* 53: 369-376.
- Baskin, J. M. and C. C. Baskin. 1989. Role of temperature in regulating timing of germination in soil seed reserves of *Thlaspi arvense* L. *Weed Res.* 29 : 317-326.
- Gorse, I. 1999. Bilan des ventes de pesticides au Québec en 1997. Envirodoq EN950037, PES-14. Direction des politiques du secteur agricole, Division des pesticides. Ministère de l'Environnement, Québec, QC. 116 p.
- Harvey, S.J. and F. Forcella. 1993. Vernal seedling emergence model for common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Sci.* 4: 309-316.
- Lauer, E. 1953. Über die Keimtemperatur von Ackerunkräutern und deren Einfluß auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. *Flora Allg. Bot. Zeitg.* 140: 551-595.
- Leblanc, M. L., D. C. Cloutier, G. Leroux et C. Hamel. 1998. Facteurs impliqués dans la levée des mauvaises herbes au champ. *Phytoprotection* 79 : 111-127.
- Leblanc, M. 2001. Modeling weed emergence as influenced by environmental conditions in corn in southwestern Quebec. Ph.D. Thesis, McGill University, Montreal, Quebec, Canada. xvii, 176 p.
- Leblanc, M. L., D. C. Cloutier, A. Légère, C. Lemieux, L. Assémat, D. Benoit and C. Hamel. 2002. Effect of the presence or absence of corn on common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.] emergence. *Weed Technology* 16: 638-644.
- Leblanc, M. L., D. C. Cloutier, K. A. Stewart and C. Hamel. 2003. The use of thermal time to model common lambsquarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. *Weed Science* 51: 718-724.
- McLaughlin, N. B., G. R. Bowes, A. G. Thomas, F. B. Dyck, T. M. Lindsay and R. F. Wise. 1985. A new design for a seed germinator with 100 independently temperature controlled cells. *Weed Res.* 25: 161-173.
- Ogg, A. G. and J. H. Dawson. 1984. Time of emergence of eight weed species. *Weed Sci.* 32: 327-335.
- Orykott, J. O. E., A. G. Thomas and C. J. Swanton. 1997. Temperature and moisture dependent models of seed germination and shoot elongation in green and redroot pigweed (*Amaranthus powellii*, *A. retroflexus*). *Weed Sci.* 45: 488-496.
- Phelps, K. and W. E. Finch-Savage. 1997. 40. A statistical perspective on threshold type germination models. Pages 361-368 in R.H. Ellis, M. Black, A.J. Murdoch, T.D. Hong (eds), Basic and applied aspects of seed biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Roman, E. S., S. D. Murphy and C. J. Swanton. 2000. Simulation of *Chenopodium album* emergence. *Weed Sci.* 48: 217-224.
- Stilwell, E. K. and R. D. Sweet. 1975. Germination, growth and flowering of shepherdspurse ecotypes. p. 148-153 in Proceedings of the Northeastern Weed Science Society, New York, NY.
- Vanden Born, W. H. 1971. Green foxtail: seed dormancy, germination and growth. *Can. J. Plant Sci.* 51: 53-59.
- Weaver, S. E., C. S. Tan and P. Brain. 1988. Effect of temperature and soil moisture on time of emergence of tomatoes and four weed species. *Can. J. Plant Sci.* 68: 877-886.
- Wiese, A. M. and L. K. Binning. 1987. Calculating the threshold temperature of development for weeds. *Weed Sci.* 35: 177-179.