

Keimungsverhalten von Kräutersaatgut unter variierten Umweltbedingungen

E. I. Magyar, W. Opitz von Boberfeld, L. Szemán und H. Laser

Germination features of herbs among lab conditions

1. Einleitung

Die Verwendung von Kräutersaatgut wird in jüngerer Zeit für Saatgutmischungen verschiedener Anwendungsbereiche empfohlen. Bei Begrünungen von Böschungen kann die Verwendung von Kräutern mit allorhizer Bewurzelung im Hinblick auf den Schutz vor Erosion interessant sein (BOEKER, 1970), damit die Haupt- und Seitenwurzeln von verschiedener morphologischer Wertigkeit sind. Nach STRASSBURGER (1991) wachsen die Seitenwurzeln höherer Ordnung ohne bestimmte Beziehung zum Schwerkraftvektor und können daher den Boden nach allen Richtungen durchdringen.

In der Literatur finden sich zu der Thematik eine Reihe von Feststellungen (OPITZ VON BOBERFELD, 1983, 1994; KOPP, 1984; WÄCKEN, 1984; BIELEFELD, 1987; HILDEBRANDT und SCHULZ, 1987; SCHULZ, 1988; ISSELSTEIN und BISKUPEK, 1991; ISSELSTEIN, 1992). FRAME (1992) benutzt in diesem Zusammenhang den Begriff „wildflower meadow“, womit er ausdrücklich auch das wirtschaftlich genutzte Grünland, das Wildblumen enthält, einschließt, sei es nun künstlich angelegt oder natürlichen Ursprungs. Der Nutzen von Kräuteransaat wird allerdings immer noch kontrovers diskutiert und in vielen Fällen ist zu erwarten, dass sich Kräuter auch ohne Ansaat ausgewogen ein-

stellen werden (OPITZ VON BOBERFELD, 1983). Bei der Anlage extensiver Landschaftsrassen spielen insbesondere ingenieurbiologische Aspekte eine Rolle: Kräuter können die Ansaatsicherheit, den Erosionsschutz sowie die Trockenheitsresistenz auf extremen Standorten erhöhen (ANONYMUS, 2003), wenn die Eigenschaften der vegetativen Pflanzen bei der Artenauswahl für Saatgutmischungen entsprechend berücksichtigt werden. Über die Trockenheitsresistenz geeigneter Pflanzenarten (NAGY et al., 1994, 1998) und ihre vermehrte CO₂-Bindung (TUBA et al., 1996, 1998; SZENTE et al., 1998) liegen Studien vor, die vorhandenen Informationen zum Keimverhalten von dikotylen Arten mit Verbreitungsschwerpunkt auf trockenen Grünlandstandorten sind dagegen begrenzt.

BOEKER (1983) und OPITZ VON BOBERFELD (1983) untersuchten die Artenzusammensetzung von im Handel erhältlichen Saatgutmischungen. Sie stellten fest, dass sie den Anforderungen nicht genügen. Im westeuropäischen Handel lassen sich Saatgutmischungen vom Typ „Blumenwiese“ für die Etablierung von extensiv kultivierten Rasen beziehen. Aus der Sicht der rasenbaulichen Praxis bereitet es Probleme, die in Saatgutmischungen verwendeten Kräuterarten tatsächlich zu etablieren und einen Pflanzenbestand der angestrebten botanischen Zusammensetzung zu erhalten (SCHULZ, 1987). Der Ansaaterfolg ist häufig unzureichend,

Summary

The germination of herbs in extensive agriculture is a critical issue. There are difficulties associated with seed germination, as much depends on individual herb species. The germination behaviour of *Achillea collina*, *Hypericum perforatum*, *Plantago lanceolata*, *Salvia pratensis* and *Thymus vulgaris* were tested in climate chambers, varying the factors light, media and pre-chilling.

Most species germinated best under conditions of inhibited light, or darkness. Only *Achillea collina* germinated more effectively in full light. The influence of the medium was important for all species except *Salvia pratensis*. For *Plantago lanceolata* the growth medium was the most important influence. The dominant influence on *Hypericum perforatum* and *Thymus vulgaris* was the seed year. The light x medium interaction was statistically significant for most species.

Key words: Germination, laboratory test, herbs, environmental factors, plant community.

Zusammenfassung

Bei der Anlage von Landschaftsrasen hat die Ansaatsicherheit der Kräuter Bedeutung. Nicht selten bereitet die Dormanz für einen zügigen Aufgang Probleme. In einem Klimakammerexperiment wurden die Ansprüche für eine zügige Keimung an die Umwelt von *Achillea collina*, *Hypericum perforatum*, *Plantago lanceolata*, *Salvia pratensis* und *Thymus vulgaris* untersucht. Variiert waren die Faktoren Licht, Kältevorbehandlung (Stratifikation), Keimmedium und Alter der Samen.

Selbst unter Filterlichtbedingungen und in Dunkelheit keimen die meisten Arten gut. Allein bei *Achillea collina* ist der Faktor Licht am bedeutendsten. Der Faktor Keimmedium stellt bei allen Arten, ausgenommen *Salvia pratensis*, eine wichtige Varianzursache dar. Bei *Plantago lanceolata* ist das Keimmedium die wichtigste Varianzursache. Der Faktor Alter der Samen tritt nur bei *Hypericum perforatum* und *Thymus vulgaris* als dominierender Faktor auf. Die Wechselwirkung Licht x Keimmedium hat bei den meisten Arten große Bedeutung.

Schlagworte: Keimung, Laborversuch, Kräuter, Umweltfaktoren, Pflanzengesellschaft.

was mit einer geringen Keimbereitschaft des in der Regel von Wildpflanzen gesammelten Saatgutes zusammenhängt. Für den Ansaaterfolg ist auch von Bedeutung, dass die Keimgeschwindigkeit zwischen den Arten erheblich variierte (ISSELSTEIN, 1992). Die spezifischen Keimungsansprüche der Kräuterarten, die als ein typisches Wildpflanzenmerkmal anzusehen sind, haben zur Folge, dass ein offenbar grundsätzlich hohes Risiko bei Ansaaten besteht; der Ansaaterfolg ist somit schwer kalkulierbar. Frischgereifte und ausgefallene Samen von Wildpflanzen weisen häufig eine geringe Keimung auf, was als primäre Keimruhe bezeichnet wird (BEWLEY und BLACK, 1982). KEMÉNY et al. (2003a, b) beschäftigten sich mit der Samenmenge des Bodens von Sandpusztagrünland. BARCSÁK (1968) stellt fest, dass im Boden der ungarischen degradierten extensiven Grünlandflächen 10.000–20.000 Samen m⁻² vorhanden sind. Viele Kräuter sind 50–60 Jahre lang zur Keimung befähigt, unsere Kulturgräser dagegen oft nur einige Jahre. Ein Feldaufgang der Kräuter kann aus der Samenbank des Bodens erfolgen (VIRÁGH und GERENCSÉR, 1988), aber er ist bezogen auf die Artenvielfalt und Dichte ziemlich unsicher (SZEMÁN, 1990, 1991, 2001, 2002; SZEMÁN et al., 2001). So kann bei Samen einer Vielzahl von Ackerunkräutern, die im Boden ruhen, eine Belichtung der Samen während der Bodenbearbeitung die Keimung auslösen (HARTMANN und NEZADAL, 1990). Als Einflussfaktoren sind offenbar von Bedeutung: das Licht- und Temperaturangebot zur Keimung.

Die in Saatgutmischungen verwendeten Gräser sind Kulturpflanzen und keimen in der Regel in einem weiten Bereich von Keimungsbedingungen, d. h. besondere Keimansprüche bestehen bei der Mehrzahl der Arten nicht

(BEWLEY und BLACK, 1982; FENNER, 1985). Das Licht ist bei vielen Pflanzenarten eine wichtige Einflussgröße für die Keimung (GRIME et al., 1981; RUSCH, 1993). ISSELSTEIN (1992) stellt auch dar, dass die meisten der geprüften Arten (*Achillea millefolium* L., *Centaurea jacea* L., *Chrysanthemum leucanthemum* L., *Daucus carota* L., *Leontodon autumnalis* L., *Plantago lanceolata* L., *Rumex acetosa* L.) sich als Lichtkeimer erweisen. OPITZ VON BOBERFELD et al. (1997, 1999) haben festgestellt, dass – im Gegensatz zu dikotylen Arten – viele Gräser lichtneutral sind. Nach MILBERG et al. (2000) besteht eine negative Korrelation zwischen Samengröße und Lichtbedürfnis, d. h. mit zunehmender Samengröße nimmt das Lichtbedürfnis zur Keimung ab. Keimlinge kleiner Samen haben nur dann eine Chance, das autotrophe Stadium zu erreichen, wenn die Keimung im Licht erfolgt, da sie bei einer Keimung tiefer im Boden wegen der geringen Ausstattung mit Speicherstoffen absterben würden, bevor sie an die Bodenoberfläche gelangen (HARPER et al., 1970; ROBERTS, 1981; THOMPSON, 1987; MILBERG et al., 1996).

Angesichts hoher Saatgutkosten bei vielen Kräuterarten erscheint es notwendig, dass der Anwender von Kräuter-
saatgut Informationen über die keimungsbiologischen Begrenzungen für den Ansaaterfolg bei den einzelnen Arten erhält. Zwar liegen über die Keimung von für Ansaaten vorgesehenen Kräuterarten einige wenige Untersuchungen vor (BIELEFELD, 1987; SCHULZ, 1987), viele Fragen sind aber noch offen und die Darstellung prinzipieller Reaktionsformen fehlt. Ansätze hierzu sind im Bereich Grünland von OPITZ VON BOBERFELD et al. (1998) und OPITZ VON BOBERFELD et al. (2001) erarbeitet. Im Folgenden sollen daher generelle Verhaltensmuster von Kräutern für die Kei-

mung sowie die Bedeutung ökologischer Einflussfaktoren näher untersucht werden.

Die Anforderung an die Reproduzierbarkeit sind in Felduntersuchungen mit wechselnden Einstrahlungs-, Temperatur- und Feuchtebedingungen kaum gewährleistet. Daher wurden die Keimstudien im Labor in einer Klimakammer (Licht, Temperatur und Keimsubstrat regelbar) durchgeführt.

2. Material und Methoden

In einer Klimakammer wurde das Keimungsverhalten von jeweils fünf Arten etablierter Grünlandgesellschaft unter dem Einfluss von Licht, Kältevorbehandlung, Wasserspannung und Kaliumnitrat-Zusatz untersucht. Die vierfach wiederholten Varianten und die untersuchten Arten sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die getrockneten und gereinigten Samen wurden zu je 20 in Petrischalen – Durchmesser 9 cm – auf Filterpapier ausgelegt und mit 2 ml der jeweiligen Lösung befeuchtet. Innerhalb des 15-tägigen Beobachtungszeitraumes wurden jeden fünften Tag die gekeimten Samen gezählt und entfernt. Hierbei erfolgte die Auszählung der Filter- und Dunkelvarianten unter schwachem Grünlicht (= 30 W-Punktstrahler mit vorgesetzten blauen und grünen Filterscheiben, PPFD = $0,18 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) in einer Dunkelkammer. Als Lichtquelle war in die Klimaschränke eine Mischbeleuchtung aus Leuchtstofflampen (= Philips TL-E 32/25) und Glühbirnen (= Philips 60 W) eingebaut. Das Hellrot/Dunkelrot- (= R/FR-) Verhältnis betrug 1,28 bei den Lichtvarianten und 0,1 bei den Filtervarianten; dies entspricht ungefähr dem von 1,2 im Tageslicht (SMITH, 1982) bzw. 0,1 und kleiner bei dichtem Blätterdach (FRANKLAND, 1981). Zur Charakterisierung der Lichtquantität wurde mit Hilfe eines Quantensensors (Li 1000 Quantum Sensor, Firma LICOR) die photosynthetische Photonendichte (PPFD) bestimmt. Sie erreichte in der Variante Licht zwischen 31 und $76 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, während sie in der Variante Filter auf 5 bis $17 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ reduziert war. FRANKLAND (1981) misst auf der Bodenoberfläche eine Lichtquantität von $1400 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ bei Sonnenschein und $7 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ bei bedecktem Himmel und Beschattung. In der Variante mit Kältevorbehandlung wurden die in Petrischalen eingequollenen Samen für die Dauer von 10 Tagen in einer Kühlruhe im Dunkeln bei 3°C aufbewahrt, anschließend erfolgte die Überführung in die Klimaschränke. Die Temperatur war auf $10/20^\circ\text{C}$ bzw. $20/30^\circ\text{C}$ Wechseltemperatur eingestellt, wobei die niedri-

ge Temperatur über acht Stunden lief und mit Dunkelheit kombiniert und die höhere mit 16-stündiger Belichtung verknüpft war. Die Wasserspannung wurde durch Zugabe von Polyethylenglykol (= PEG 6000) variiert; die Berechnung der benötigten Konzentrationen erfolgte nach MICHEL und KAUFMANN (1973). Die Auswertung erfolgte durch mehrfaktorielle Varianzanalysen, wobei vor der statistischen Verrechnung eine Arcussinus-Wurzeltransformation vorgenommen wurde. Für den Test auf Signifikanz wurde der F-Test für die Varianzanteile mit der Sicherheitsgrenze $\alpha = 5$ und 1 % zugrunde gelegt (vgl. Tabelle 2). In der Abbildung 1 wurden 20 %-Schritte gewählt, um die Wirkungen der Einzelfaktoren und die relevanten Wechselwirkungen deutlich zu machen.

Tabelle 1: Varianten der Keimungsuntersuchungen
Table 1: Variants of the germination tests

Faktoren	Stufen
1. Licht	1.1 Licht 1.2 Filter (= grüne Folie) 1.3 Dunkel
2. Keimmedium (auf Filterpapier)	2.1 0,2 % KNO_3 2.2 H_2O 2.3 -0,1 MPa (= PEG 2), pF 3,0
3. Kältevorbehandlung der gequollenen Samen (Stratifikation)	3.1 3°C , 10 Tage in Dunkelheit 3.2 ohne
4. Arten	4.1 <i>Achillea collina</i> (L.) Beck. = A. c. 4.2 <i>Hypericum perforatum</i> L. = H. p. 4.3 <i>Plantago lanceolata</i> L. = P. l. 4.4 <i>Salvia pratensis</i> L. = S. p. 4.5 <i>Thymus vulgaris</i> L. = T. v.
5. Sammeljahr	5.1 Jahr 2001 5.2 Jahr 2002

3. Ergebnisse

In der Abbildung 1 ist das Keimverhalten der 5 untersuchten Arten dargestellt. Die Keimfähigkeit ist in 20 %-Schritten von 0–100 % (untransformierte Daten) farblich unterlegt und stellt das Beobachtungsergebnis gemittelt über vier Wiederholungen nach 15 Tagen dar. In Abbildung 1 fällt auf, dass sich ein Schwerpunkt der Keimung bezogen auf die Lichtverhältnisse über alle Arten hinweg kaum setzen lässt.

Die Varianzanalyse bei *Achillea collina* (L.) Beck weist den Faktor Licht als die wichtigste Varianzursache aus. Die Keimung bei Licht dominiert hier über fast alle Varianten hinweg mit Keimergebnissen von über 80 %. Den nächst größeren Einfluss übt der Faktor Keimmedium aus, bedingt

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG	KNO ₃	H ₂ O	PEG	KNO ₃	H ₂ O	PEG
<i>Achillea collina</i>	90	88	62	68	80	57	55	53	30
<i>Hypericum perforatum</i>	50	59	48	73	84	25	4	1	3
<i>Plantago lanceolata</i>	12	15	17	23	17	11	25	20	13
<i>Salvia pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Thymus vulgaris</i>	93	98	88	93	93	84	93	90	88
<i>Achillea collina</i>	81	84	68	50	70	65	70	47	53
<i>Hypericum perforatum</i>	67	53	13	70	53	25	0	0	4
<i>Plantago lanceolata</i>	38	37	10	38	13	5	29	9	4
<i>Salvia pratensis</i>	0	0	0	3	1	0	0	1	0
<i>Thymus vulgaris</i>	85	85	88	87	89	81	89	84	85
<i>Achillea collina</i>	83	88	72	80	68	73	69	52	60
<i>Hypericum perforatum</i>	77	70	55	85	85	55	4	3	4
<i>Plantago lanceolata</i>	5	15	18	6	11	3	20	8	8
<i>Salvia pratensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thymus vulgaris</i>	92	95	90	89	96	95	88	95	95
<i>Achillea collina</i>	85	87	82	70	63	65	65	60	53
<i>Hypericum perforatum</i>	26	68	1	33	33	23	0	0	0
<i>Plantago lanceolata</i>	18	20	17	33	6	8	25	13	13
<i>Salvia pratensis</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	0
<i>Thymus vulgaris</i>	78	91	78	89	91	82	93	89	81

Keimung	0-19	20-39	40-59	60-79	80-100	%

Abbildung 1: Keimungsspektrum 2001 und 2002
 Figure 1: Germination spectrum of the examined species from 2001 and 2002

durch Trockenstress (= PEG2). Die geringeren Keimergebnisse unter Trockenstress (= PEG2) erklären auch die signifikante Wechselwirkung von Licht x Keimmedium, da es bei Licht in PEG2 zu höheren Keimergebnissen kommt. Ohne Kältevorbehandlung (= Stratifikation) werden mit PEG2 etwas höhere Werte erreicht, was die Wechselwirkung Keimmedium x Kältevorbehandlung erklärt. Der Keimungsverlauf ist rasch und gleichmäßig – t₅₀ = 5 Tage

Tabelle 2: Varianztabelle für die Keimfähigkeit der untersuchten Arten*
 Table 2: Variances of the germination test of the examined species

Varianzursache		<i>Achillea collina</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Salvia pratensis</i>
	df	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test
L (Licht)	2	3460,37 **	27552,2 **	218,01 **	2,74	9,42
M (Keimmedium)	2	685,73 **	2820,85 **	1135,92 **	297,93 **	12,89
S (Stratifikation)	1	367,96 **	24,14	606,17 **	97,74	0,21
J (Jahr)	1	22,98	5894,17 **	389,13 **	1506,18 **	20,73
L x M	4	201,57 **	917,77 **	384,68 **	52,11	1,02
L x S	2	33,23	3,56	83,40	58,81	3,35
M x S	2	205,08 **	94,08 *	243,99 **	64,35	12,46
L x M x S	4	112,58 **	210,32 **	34,54	21,2	4,06
L x J	2	174,05 **	592,1 **	201,28 **	54,22	23,87
M x J	2	147,29 **	72,17	708,03 **	27,57	5,66
L x M x J	4	25,2	641,97 **	134,02 **	71,02	10,92
S x J	1	2,22	1936,2 **	287,52 **	7,01	0,21
L x S x J	2	124,95 *	295,28 **	171,49 **	9,66	3,35
M x S x J	2	156,96 **	263,25 **	112,49 *	223,57 *	3,35
L x M x S x J	4	60,75	154,08 **	72,27	65,9	8,61
Fehler	108	27,27	27,51 **	35,43	61,36	9,53
Total	144					

* = signifikant bei 5 %
 ** = signifikant bei 1 %

(t₅₀ bedeutet Keimung von 50 %) – auch hier zeigt sich der starke Einfluss des Lichts (siehe Tabelle 2).

Die Keimgeschwindigkeit von *Hypericum perforatum* L. ist niedrig, erst nach 10 Tagen werden in den besten Varianten 50 % erreicht. Den größten Effekt weist der Faktor des Sammeltermins (= Jahr) auf. Dies ist mit der höheren Keimfähigkeit von *Hypericum perforatum* L. aus dem Jahr 2001 zu erklären. An zweiter Position folgt der Faktor Keimmedium, wobei der Faktor Licht einen nahezu gleich großen Einfluss hat; dies ist bedingt durch die niedrige Keimfähigkeit in PEG2 und die guten Keimergebnisse von bis zu 80 % in Licht und unter Filterbedingungen, wobei im Dunkeln die Keimrate unter 10 % bleibt. Daraus ergibt sich auch, dass der nächst größere Faktor die Wechselwirkung Licht x Keimmedium ist. Der Faktor Stratifikation bewirkt allein keine signifikanten Unterschiede, er weist jedoch in der Wechselwirkung mit dem Faktor Jahr eine hohe Signifikanz auf. Bei den Samen aus dem Jahr 2001 hat die Kältevorbehandlung einen größeren Einfluss auf die Keimung als bei den Samen aus dem Jahr 2002.

Bei *Plantago lanceolata* L. hat der Faktor Keimmedium den größten Anteil an der Gesamtvariabilität, vor allem verursacht durch die Stufe KNO₃ unter Filterbedingungen und Dunkelheit. Dies bedingt auch die Wechselwirkung Licht x Keimmedium. Zudem zeigt die Stufe KNO₃ bei den Samen aus dem Jahr 2002 größere Effekte auf, was zu der signifikanten Wechselwirkung Keimmedium x Jahr

führt. Insgesamt weist *Plantago lanceolata* L. nach 15 Tagen ein unbefriedigendes Keimergebnis auf (< 50 %). Nach 5 Tagen ist in den meisten Varianten das Maximum von 38 % Keimung erreicht.

Aufgrund des beinahe Totalausfalls der Keimung ist bei *Salvia pratensis* L. keine Abstufung zu beobachten. Dies ergibt sich möglicherweise aus einer Schimmelpilzentwicklung bei der überwiegenden Zahl der Samen, die nach einigen Tagen Verweildauer in den jeweiligen Medien sichtbar wurde.

Bei *Thymus vulgaris* L. sind nach 5 Tagen 50 % Keimung erreicht. Die Keimrate ist hoch und liegt in fast allen Varianten bei > 80 %. Den wichtigsten Effekt in der Varianzanalyse stellt der Faktor Jahr dar, was an höheren Keimergebnissen der im Jahr 2001 gesammelten Samen liegt. An zweiter Position liegt der Faktor Keimmedium, was durch die Stufe PEG2 bedingt ist; hier fallen die Keimraten durchwegs geringer aus.

4. Diskussion

Der Effekt des Faktors Licht ist durchweg signifikant. Die Feststellung von KINZEL (1913) und GRIME et al. (1981) wonach *Hypericum perforatum* L. nur unter Lichteinfluss keimt lässt sich bestätigen. *Hypericum perforatum* L. ist eine wärmeliebende Art. BIELEFELD (1987) zufolge, ist die Verwendung der Art gemäß ihrem natürlichen Standort für nicht gedüngtes, extensives Grünland zu empfehlen. Die Stratifikation ist für *Achillea collina* (L.) Beck. und *Plantago lanceolata* L. von Bedeutung. Bei *Achillea collina* (L.) Beck. ist das Saatgut längere Zeit hinweg lagerfähig, dagegen nimmt vor allem bei *Hypericum perforatum* L. die Keimfähigkeit mit Verlängerung der Lagerzeit ab. Diese zeitlich limitierte Keimfähigkeit kann sich auf Standorten mit suboptimalen Wachstumsbedingungen, wie Trockenheit, als wesentlicher Konkurrenznachteil erweisen.

Folgenden Interaktionen kommt ein größerer Stellenwert zu:

Bei *Achillea collina* (L.) Beck., *Hypericum perforatum* L. und *Plantago lanceolata* L. Arten liegt die Interaktion Licht x Keimmedium vor, ausgelöst durch das abweichende Verhalten der Keimergebnisse unter Trockenstress. Gelegentlich sind auch bei den drei Arten die Interaktionen Keimmedium x Kältevorbehandlung bzw. Licht x Jahr vorhanden. Das Saatgut von *Hypericum perforatum* L., erfordert eine Kältevorbehandlung je älter das Saatgut wird, was die Wechselwirkung Kältevorbehandlung x Jahr belegt.

Danksagung

Dank gebührt dem Lehrstuhl für Pflanzenphysiologie und Botanik in Gödöllő, dass er uns die für den Versuch benötigte Fläche zur Verfügung gestellt hat und ebenso der Firma AGROHERBA Kft., die uns bei der Beschaffung des Saatgutes unterstützt hat.

Literatur

- ANONYMUS (2003): Regel-Saatgut-Mischungen Rasen, 2004. Forschung und Information – Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., Bonn.
- BARCSÁK, Z. (1968): Einfluss der chemischen Unkrautbekämpfung und der Kunstdünger auf die Zusammensetzung und den Futterwert des Bewuchses des Graslandes. Kandidatur, Gödöllő, 298 (= Vegyszeres gyomirtás és műtrágyázás hatása a gyepek növényzetének összetételére és takarmányértékére. Kandidátusi értekezés, Gödöllő, 298).
- BEWLEY, J. D. and M. BLACK (1982): Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination, Vol. 2. Viability, dormancy, and environmental control. Verl. Springer Berlin, Heidelberg, New York.
- BIELEFELD, A. (1987): „Blumenwiesen“: 19 Ackerkräuter und Wiesenblumen auf dem Prüfstand. Rasen-Turf-Gazon. 18, 99–104.
- BOEKER, P. (1970): Böschungsansaaten mit verschiedenen Mischungen. Rasen-Turf-Gazon 1, 8–11.
- BOEKER, P. (1983): Versuche mit Blumenrasenmischungen. Rasen-Turf-Gazon. 13, 13–17.
- FENNER, M. (1985): Seed ecology. Chapman and Hall, London, New York.
- FRAME, J. (1992): Improved grassland management. U.K. Farming Press Books, Ipswich. 272–277.
- FRANKLAND, B. (1981): Germination in shade. In: H. SMITH (Ed.): Plants and the daylight. Acad. Press, London, 187–204.
- GRIME, J. P., G. MASON, A. V. CURTIS, J. RODMAN, S. R. BAND, M. A. G. MOWFORTH, A. M. NEAL and S. SHAW (1981): A comparative study of germination characteristics in a local flora. J. of Ecology 69, 1017–1059.
- HARPER, J. L., P. H. LOVELL and K. G. MOORE (1970): The shapes and sizes of seeds. Annu. Rev. Ecol. Syst. 1, 327–356.
- HARTMANN, K. M. and W. NEZADAL (1990): Photocontrol of weeds without herbicides. Naturwiss. 77, 158–163.

- HILDEBRANDT, K. und H. SCHULZ (1987): Ansaatprüfungen mit einigen ausgewählten Kräutern. *Z. Vegetations-technik* 10, 106–110.
- ISSELSTEIN, J. und B. BISKUPEK (1991): Untersuchungen zum Keimverhalten von ausgewählten Kräuterarten des Dauergrünlandes. *VDLUFA-Schriftenreihe* 3, 365–370.
- ISSELSTEIN, J. (1992): Kräuteransaat aus keimungsbiologischer Sicht. *Rasen-Turf-Gazon* 23, 95–100.
- KEMÉNY, G., Z. NAGY and Z. TUBA (2003 a): Application of nested samples to study the soil seed bank in semiarid sandy grasslands. *Acta Bot. Hung.* 45, 127–137.
- KEMÉNY, G., Z. NAGY and Z. TUBA (2003 b): Changes in the spatial pattern of the seed bank in a semiarid sandy grassland having a mosaic-like structure. *Acta Bot. Hung.* 45, 139–151.
- KINZEL, W. (1913): Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KOPP, D. (1984): Erfahrungen mit Blumenwiesen und naturnahen Vegetationsbeständen in Wiesbaden. *Neue Landschaft* 29, 727–730.
- MICHEL, B. E. and M. R. KAUFMANN (1973): The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol.* 51, 914–916.
- MILBERG, P., L. ANDERSSON and A. NORONHA (1996): Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. *J. Appl. Ecol.* 33, 1469–1478.
- MILBERG, P., L. ANDERSSON and K. THOMPSON (2000): Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Sci. Res.* 10, 99–104.
- NAGY, Z., Z. TUBA, K. SZENTE, J. UZVÖLGYI and G. FEKETE (1994): Photosynthesis and water use efficiency during degradation of a semiarid loess steppe. *Photosynthetica* 30, 307–311.
- NAGY, Z., Z. TAKÁCS, K. SZENTE, ZS. CSINTALAN, H. K. LICHTENTHALER and Z. TUBA (1998): Limitations of net CO₂ uptake in plant species of a temperate dry loess grassland. *Plant Physiol. Biochem.* 36, 753–758.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1983): Zur Problematik der Saatgutmischungen für „Blumenwiesen“. *Das Gartenamt* 32, 30–31.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1994): *Grünlandlehre*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., C., STEINLE und E., JUCKEN (1997): Sind ansaatwürdige Gräser Lichtkeimer? *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 10, 221–222.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., B. KROMMINGA und M. STERZENBACH (1998): Zum Keimungsverhalten von Kräutern unterschiedlicher Gesellschaftszugehörigkeit. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 11, 197–198.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., K. NEUHAUS und M. STERZENBACH (1999): Keimungsdynamik verschiedener Gräserökotypen. *Arbeitsgem. Grünland u. Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Bericht* 43. Jahrestagung Bremen, 204–206.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., C. KNÖDLER und C. ZIRON (2001): Keimungsstrategien von Arten verschiedener Grünland-Pflanzengesellschaften. *Z. Pflanzenbauwiss.* 5, 87–95.
- ROBERTS, E. H. (1981): The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. *Ann. Appl. Biol.* 5, 552–555.
- RUSCH, G. (1993): The role of regeneration by seed in the dynamics of limestone grassland communities. *Comprehensive summaries of Uppsala Diss. Faculty of Sci.* 427. *Acta Universitatis Upsaliensis*.
- SCHULZ, H. (1987): Prüfung einiger für Kräuterrasen geeigneter Pflanzenarten. *Rasen-Turf-Gazon* 18, 50–54.
- SCHULZ, H. (1988): Kräuterrasen als alternative Rasenanlage. *Rasen-Turf-Gazon* 19, 5–13.
- SMITH, H. (1982): Light quality, photoperception and plant strategy. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33, 481–518.
- STRASSBURGER, E. (1991): *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. 33. neubearbeitete Auflage. Verl. Gustav Fischer Stuttgart, Jena, New York, 223–229.
- SZEMÁN, L. (1990): Möglichkeiten zur Ertragssteigerung von Grünland in Hügel- und Berglandschaften. *Kandidatur, Gödöllő*, 144 (Domb- és hegyvidéki gyepek termőképességének javítási lehetőségei. *Kandidátusi értekezés, Gödöllő*, 144.).
- SZEMÁN, L. (1991): Möglichkeiten zur Ertragssteigerung von Grünland in ebenen Hügel- und Berglandschaften. In: I. VINCZEFFY (Hrsg.): *Das Grünland im Dienst der Menschheit*. 9. Grünlandwirtschaftliche Tage in Debrecen, Debrecen, 77–84. (Termésmenvelési lehetőségek sík felszínű domb- és hegyvidéki gyepeken. In: I. VINCZEFFY (Ed.): *A legelő az emberiség szolgálatában*. *Debreceni Gyepgazdálkodási Napok* 9. DATE, Debrecen, 77–84.)
- SZEMÁN, L. (2001): Möglichkeiten zur Erneuerung von degradierten und brachliegenden Grünländern. In: *Innovation, Einheit der Wissenschaft und Praxis in Agrarverhältnissen zur Jahrtausendwende*. *Gödöllő*, 78–82. (Leromlott és parlag gyepek felújítási lehetőségei. In: *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban*. *Gödöllő*, 78–82.)

- SZEMÁN, L. (2002): Effect of seed mixture components on the diversity of grassland. *Grassland Sci. Europe* 7, 848–849.
- SZEMÁN, L., Z. HEGEDŰS und M. BAJNOK (2001): Anlage von extensiven Rasenflächen mit natürlicher Samenmischung hoher Artendiversität. 17. Grünlandwirtschaftliche Tage in Debrecen, 184–189 (Extenzív pázsitgyep létesítése magas fajdiverzitású természetes magkeveréssel. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. DATE, Debrecen, 184–189).
- SZENTE, K., Z. NAGY and Z. TUBA (1998): Enhanced water use efficiency in dry loess grassland species grown at elevated air CO₂ concentration. *Photosynthetica*. 35, 637–640.
- THOMPSON, K. (1987): Seeds and seed banks. *New Phytol.* (Suppl.) 106, 23–34.
- TUBA, Z., K. SZENTE, Z. NAGY, Z. CSINTALAN and J. KOCH (1996): Responses of CO₂ assimilation, transpiration and water use efficiency to long-term elevated CO₂ in perennial C₃ xeric loess steppe species. *J. Plant Physiol.* 148, 356–361.
- TUBA, Z., M. B. JONES, K. SZENTE, Z. NAGY, L. GARVEY and R. BAXTER (1998): Some ecophysiological and production responses of grasslands to long-term elevated CO₂ under continental and atlantic climates. *Ann. New York Acad. Sci.* 851, 241–250.
- VIRÁGH, K. and L. GERENCSÉR (1988): Seed bank in the soil and its role during secondary successions induced by some herbicides in a perennial grassland community. *Acta Bot. Hung.* 34, 77–121.
- WÄCKEN, P. (1984): Versuchsergebnisse zur Ansaat von „Wildrasen-Blumenwiesen“. *Z. Vegetationstechnik* 7, 66–75, 727–730.

Anschrift der Verfasser

Dipl. Faching. Enikő Ilona Magyar, Dr. László Szemán, Lehrstuhl für Grünlandlehre, Szent István Universität Gödöllő, Páter K. Str. 1, H-2103 Gödöllő; e-mail: eni1978@freemail.hu

Prof. Dr. Dr. h.c. Wilhelm Opitz von Boberfeld, Dr. Harald Laser, Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen; e-mail: Wilhelm.Opitz-von-Boberfeld@agrar.uni-giessen.de

Eingelangt am 5. Mai 2004

Angenommen am 11. Februar 2005