

Aus dem Institut für Ackerbau und Pflanzenzüchtung
der Agrarwissenschaftlichen Universität Keszthely
Lehrstuhl für Botanik und Pflanzenphysiologie
(Leiter des Lehrstuhls: Prof. Dr. I. Karpáti)

Wirkung von Zementstaub auf die Entwicklung, das Wachstum und wichtige Stoffwechselprozesse von Weizensorten

Von Gyula Borka, Eva Császár, und András Molnár

Mit 4 Tabellen

(Eingegangen am 24. September 1979)

Einführung

Nur 6 % der Staubverunreinigung in der Welt sind künstlichen Ursprungs. In relativ konzentrierten Gebieten jedoch erhöht sich der Staubverunreinigungswert oft auf das Vielfache des erlaubten Wertes. Außerdem sind die Staubverunreinigungen, abhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung, unterschiedlich chemisch aktiv.

„Als saubere Luft kann man die Luft bezeichnen, in welcher die Menge der festgestellten Verunreinigungsstoffe die in Versuchen festgestellten physiologischen Grenzwerte nicht überschreitet bzw., falls diese Grenzwerte nicht bestimmt sind, auf die Lebewesen weder während kurzer Dauer, noch auf längere Zeit hin schädlich einwirkt oder unangenehme Wirkungen hervorruft.“ In Ungarn stellte man fest, daß Staubverunreinigungen von $0,2 \text{ mg/m}^3$ in der Schwebel ($< 10 \mu$) und $16,6 \text{ t/km}^2$ monatlich als Sedimentstaub ($> 10 \mu$) gefährliche Auswirkungen haben können (Magyar Közlöny 1973).

Überblick über die Fachliteratur

Der Sedimentstaub in der Umgebung von Zementfabriken wirkt einerseits als chemisch aktiver Stoff schädlich, andererseits geht er als Baustoff verloren. Die Gefährlichkeit des Zementstaubes bedingt zum Teil das enthaltene Calciumoxid (Schönbeck 1960; Scheffer et al. 1961; Ardelan et al. 1970), welches in der Praxis auf Boden und Pflanze ungünstig einwirken kann. Das CaO bildet bei genügend Feuchtigkeit unter Austritt von Calciumhydroxid eine gelartige Masse, die sich später zu Tricalciumdisilikathydrat umbildet, die Blattoberflächen überzieht und die Spaltöffnungen verstopft. Im weiteren Verlauf wirkt die ständige Staubsedimentation zerstörend auf das Oberhautgewebe (Czaja 1962). Die sich bildende Lauge (pH 8–12) zerstört die Parenchymzellen.

Die schädliche Wirkung des Zementstaubes untersuchten mehrere Autoren bei verschiedenen Feldkulturen. Sie konnten jedoch auch bei einer Konzentration von $1,5 \text{ g/m}^2$ keine statistisch zu beweisende Ertragsminderung feststellen (Pajenkamp 1961; Stratmann et al. 1965).

Ein anderer Autor stellte fest, daß die mangelhafte Befruchtung der Obstbäume dadurch bedingt ist, daß der basische Zementstaub die saure Ausscheidung der Narben neutralisiert (Anderson 1914). Klincsek (1975 b) stellte fest, daß ein tendenzieller Zusammenhang zwischen der Menge der Zementstaubsedimentation und dem jährlichen Zuwachs der Bäume besteht. Ebenso ergab sich eine Erhöhung des Chlorophyllgehaltes bei der Weißpappel, was man auf den hohen Kaliumgehalt des Zementstaubes zurückführt (Pajenkamp 1961).

Der Grund für die in der Fachliteratur zu findenden unterschiedlichen Feststellungen liegt sicherlich darin, daß die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Gewebe und auch die äußere Morphologie der Pflanzen unterschiedlich sind. Hier finden wir auch die Erklärung für die verschiedenartigen Reaktionen der einzelnen Arten und Sorten (Lang et al. 1971). Vom Standpunkt der Praxis aus hat die unterschiedliche Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber Luftverunreinigungen eine übertragende Bedeutung (Navara et al. 1973). Auf der Grundlage dieser Erkenntnis werden in Industriegebieten die zum Anbau geeigneten Arten ausgewählt (Miller et al. 1974). Es ist nicht zu umgehen, zur Auswahl geeigneter Pflanzenarten, die in Industriegebieten angebaut werden können, entsprechende Versuche durchzuführen (Hooker et al. 1973; Miller et al. 1974).

Versuchsdurchführung

Zur detaillierten Klärung des Problem es führten wir Gefäßversuche im Gewächshaus sowie Kleinparzellenversuche im Freiland durch. Wir untersuchten die Weizensorten Besostaja-1, Bankuti und Novin 10 in vierfacher Wiederholung. Die Pflanzen wurden im Abstand von drei Tagen bestäubt, wobei wir die Menge des Zementstaubes während der gesamten Vegetationsperiode kontrollierten.

Mit Hilfe der von Klincsek ausgearbeiteten Methode maßen wir die Dicke der Blätter bzw. die Gewichtsunterschiede von bestäubten und nicht bestäubten Blättern (Klincsek 1975 a).

Während der Vegetationsperiode führten wir ständig phänologische Beobachtungen durch. Von den physiologischen Vorgängen untersuchten wir die Aktivität der Katalase nach Frenyó (1962), die Atmungsintensität mit dem Warburg-Gerät (Kováč 1958), den Chlorophyllgehalt mit Hilfe des Spektrophotometers (Bruisma 1963), die Temperatur der Blätter mit dem Thermostopthermometer (Borka 1973), den Wasserhaushalt der Pflanzen mit dem Arlandmefgerät (Arland 1953) und gravimetrisch durch Auswiegen der Gefäße.

Ergebnisse und Auswertung

Unsere Untersuchungen ergaben, daß die bestäubten Pflanzen ein bis eineinhalb Wochen später blühten als die Kontrollpflanzen. Nach der Blüte glichen sich die Unterschiede aus, bei der Reife war kein Unterschied mehr festzustellen.

Während der Blüte untersuchten wir die Wirkung des Zementstaubes auf die generativen Organe der Pflanzen. Zementstaub ruft in gewissem Maße eine Deformierung der Ähren hervor, welche mit der Dosis der Verunreinigung positiv korreliert (Tab. 1). Die Ährendeformierung der Sorte Bankuti ist etwa doppelt so groß wie die der anderen Sorten. Die Befruchtung war hier jedoch am besten, bei Novin 10 am

Tabelle 1. Ährenbildung bei mit Zementstaub behandelten Weizensorten

Sorte	Behandlung	deformierte Ähren in %
Besostaja-1	7 g/m ² /Monat	4,79
	30 g/m ² /Monat	6,38
Bankuti	7 g/m ² /Monat	8,97
	30 g/m ² /Monat	11,54
Novin 10	7 g/m ² /Monat	5,49
	30 g/m ² /Monat	7,93

schlechtesten. Der basische Zementstaub wirkte sich ungünstig auf die Kornbildung aus, darum verringerte sich die Zahl der Körner pro Ähre sowie die Tausendkornmasse.

Eine Zementstaubverunreinigung beeinflusst auch die physiologischen Vorgänge der Pflanzen ungünstig. Die Aktivität der Katalase sinkt eindeutig bei Einwirkung von Zementstaub. Es ist eine positive Beziehung zwischen dem Ausmaß der Sedimentation und dem Rückgang der Katalase-Aktivität zu erkennen. Bei der Sorte Bankuti ist dies am deutlichsten (Tab. 2).

Tabelle 2. Messung der Atmungsaktivität und Katalase-Aktivität bei mit Zementstaub behandelten Weizensorten (nach Kováč 1958 und Frenyó 1962)

Sorte	Behandlung	Blattatmung in ‰	Ährenatmung in ‰	Katalase-Aktivität in ‰
Besostaja-1	Kontrolle	100	100	100
	7 g/m ² /Monat	48,03	88	61,65
	30 g/m ² /Monat	55,73	114	54,51
Bankuti	Kontrolle	100	100	100
	7 g/m ² /Monat	68,15	84,91	71,73
	30 g/m ² /Monat	95,33	86,79	72,15
Novin 10	Kontrolle	100	100	100
	7 g/m ² /Monat	75,58	102,94	73,18
	30 g/m ² /Monat	53,34	105,88	59,60

Die Atmungsintensität der Blätter sinkt durch die Wirkung des Zementstaubes bei allen drei untersuchten Sorten, besonders die Sorte Besostaja reagierte hier empfindlich (Tab. 2).

Die Untersuchung des Chlorophyllgehaltes brachte sehr streuende Ergebnisse. Die Staubkonzentration 7 g/m³ verringerte den Chlorophyllgehalt im allgemeinen etwas, eine größere Dosis jedoch ergab zum Teil eine Steigerung, insbesondere bei der Sorte Besostaja (Tab. 3).

Tabelle 3. Messung des Chlorophyllgehaltes mit dem Spektrophotometer bei mit Zementstaub behandelten Weizensorten (nach Bruisma 1973)

Sorte	Behandlung	Chlorophyll A		Chlorophyll B		Karotinoide	
		in mg/g	‰	in mg/g	‰	in mg/g	‰
Besostaja-1	Kontrolle	3,421	100	0,620	100	0,992	100
	7 g/m ² /Monat	3,110	90,91	0,579	93,39	0,928	93,55
	30 g/m ² /Monat	5,183	151,65	0,146	184,84	1,363	137,40
Bankuti	Kontrolle	3,227	100	0,616	100	0,965	100
	7 g/m ² /Monat	2,911	90,21	0,547	88,80	0,846	87,67
	30 g/m ² /Monat	3,166	98,11	0,598	97,08	0,979	101,45
Novin 10	Kontrolle	4,111	100	0,718	100	1,224	100
	7 g/m ² /Monat	4,385	106,67	0,801	111,56	1,280	104,58
	30 g/m ² /Monat	4,092	99,53	0,736	102,51	1,122	91,67

Eine Verunreinigung von 30 g/m³ verstopfte auf der Oberseite der Blätter nach einigen Wochen den größten Teil der Spaltöffnungen. Dadurch verringerte sich die Transpiration der Pflanzen um 30–40 ‰ (Tab. 4). Die Verstopfung der Spaltöffnungen

Tabelle 4. Evapotranspiration von mit Zementstaub behandeltem Weizen (in Gramm Gewichtsverlust pro 24 Stunden und Gefäß)

Versuch	Unbehandelt	7 g/m ² /Monat	30 g/m ² /Monat
1	206	117,9	76,7
2	209	121,3	77,0
3	210	122,4	80,0
4	208	120,4	64,3
5	201	113,3	69,0
6	212	117,8	68,7
7	203	120,4	70,8
8	204	116,2	71,2
9	211	118,7	73,6
10	210	120,3	70,1

Durchschnittsergebnisse

Behandlung	Durchschnitt
unbehandelt	207,40
7 g/m ²	119,47
30 g/m ²	72,14
S _D 5 %	3,05

verhindert nicht nur den Gasaustausch, sondern beeinflusst auch den Wärmehaushalt der Pflanzen. Die Temperatur der bestäubten Blätter lag im Einzelfalle 8–10 °C höher als die Temperatur der Kontrollblätter unter gleichen Bedingungen. Die ungünstige Wirkung verringerte also nicht nur die CO₂-Diffusion und als Folge davon die Photosynthese, sondern behinderte auch – durch die auf Grund fehlender Kühlung sich einstellende hohe Temperatur – die Bildung von Zuckerphosphat und dessen Abtransport vom Bildungsort.

Zusammenfassung

Für die Praxis ist es von großer Bedeutung, die unterschiedliche Empfindlichkeit der Pflanzenarten und -sorten gegenüber Luftverunreinigungen zu erkennen.

Unsere Versuchsergebnisse zusammenfassend, können wir sagen, daß sich die Sorte Bankuti hinsichtlich Wachstum und Entwicklung als sehr empfindlich erwies. Die physiologischen Vorgänge änderten sich auf Grund der Zementstaubeinwirkung bei der Sorte Besostaja-1 am markantesten.

Die ungünstige Wirkung laufender Zementstaublagerungen potenzierte sich und rief so einen disharmonischen physiologischen Zustand in den Pflanzen hervor.

Schrifttum

- Anderson, P. J.: The effect of dust from cement mills on the setting of fruit. *Plant World* 17 (1914) 57–68.
- Ardelan, C., et al.: Untersuchungen über die Bedeutung von Stäuben und Gasen für die Infektionspathologie des Atemtraktes. *Wiss. Zeitschr. Humboldt-Univ. Berlin* 19 (1970) 455–456.
- Arland, A.: „Fiebernde“ Pflanzen – mehr Brot? Akademie Verlag, Berlin 1953.
- Borka, Gy.: Egyes fungicidek hatása a szőlő vízháztartására. *Növényvédelem, Budapest* 9 (1973) 1–8.

- Bruisma, J.: The quantitative analysis of chlorophylls and in plant extracts. *Photochem. and Photobiol.* **2** (1963) 231–243.
- Czaja, A.: Über das Problem der Zementstaubwirkung auf Pflanzen. *Staub* **22** (1962) 228–232.
- Frenyó, V.: Neues Verfahren zur Feststellung der Katalase-Aktivität von Pflanzen im freien Feld. *Annal. Univ. Sci., Budapest* **5** (1962) 131–136.
- Hooker, W. J., et al.: Air pollution injury of potato in Michigan. *Am. Potato J., New Brunswick* **50** (1973) 151–161.
- Klincsek, P.: Az emberi környezetet és a növényvilágot veszélyeztető cementpor. *Buvár* **30** (1975 a) 348–351.
- Klincsek, P.: Diszfék és diszcerjék viselkedése vegyileg aktív porok szennyező hatásával szemben. *Doktori értekezés, Budapest* (1975 b).
- Kovách, A.: A kísérleti orvostudomány vizsgáló módszere. *Akadémia Kiadó, Budapest* 1958.
- Lang, K. J., et al.: Der Einfluß der Samenherkunft auf die SO₂-Härte von *Pinus conortia*-Sämlingen. *Flóra* **160** (1971) 9–11.
- Magyar Közlöny: Budapest 1973.
- Miller, V. L., et al.: Relative sensitivity of soybean genotypes to ozone and sulfur dioxide. *J. Environm. Quality and Safety* **3** (1974) 35–37.
- Navara, J., et al.: Influences of "Immission type Bratislava" on some selected plants. *Biologické Práce* **3** (1973) 5–85.
- Pajenkamp, H.: Einwirkung des Zementofenstaubes auf Pflanzen und Tiere. *Zement-Kalk-Gips* **14** (1961) 88–95.
- Országos Közegészségügyi Intézet mérései Budapest 1971.
- Scheffer, F., et al.: Untersuchungen über den Einfluß von Zementofenflugstaub auf Boden und Pflanzen. *Staub* **21** (1961) 251–254.
- Schönbeck, H.: Staubversuch mit Zementofenstaub. *Ber. Landesanst. für Bodenschutz N. W.* **1** (1960) 87–98.
- Stratmann, H., et al.: Untersuchungen über Schwefeldioxid und Staubimmissionen im nördlichen Ruhrgebiet. *Schriftenr. d. Landesanst. f. Immissions- u. Bodennutzungsschutz. d. Landes N.-W., Essen* (1965) **1**, 25–44.

Dr. Gyula Borka
Agrarwissenschaftliche Universität Keszthely
Lehrstuhl für Botanik und Pflanzenphysiologie
H-8361 Keszthely
Deák Ferenc utca 16
VR Ungarn