

Banddüngung bei Eissalat ohne Einfluss auf N-Aufnahme und Ertrag

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am Gartenbaukompetenzzentrum (GKZ) wurde im Jahr 2014 ein Versuch zur N-Düngerplatzierung bei Eissalat durchgeführt. Die Varianten unterschieden sich sowohl hinsichtlich des N-Angebots ($N_{\min}$ -Sollwert 117 - 242 kg N/ha) als auch hinsichtlich der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Düngergaben. Trotz einer Differenz in der Gesamt-N-Düngermenge von bis zu 125 kg N/ha wurde kein signifikanter Unterschied im Ertrag oder im Gesamtaufwuchs festgestellt. Bei gleichem N-Düngeniveau ($N_{\min}$ -Sollwert 167 kg N/ha) war die N-Aufnahme bei breitwürfiger Düngerausbringung, Banddüngung sowie bei Aufteilung in Start- (Banddüngung) und Kopfgabe (Düngerablage im Zwischenreihenbereich) nahezu identisch. Die einmalige Banddüngung wies jedoch im Vergleich zur Aufteilung in Start- und Kopfgabe einen signifikanten sowie zur einmaligen breitwürfigen Düngerausbringung einen tendenziell geringeren Anteil kleiner Köpfe (Durchmesser < 16 cm) auf.

Zur Minimierung von N-Verlusten und N-Bilanzen im Salatanbau besitzt die satzindividuelle bedarfsgerechte Bemessung der N-Düngung und deren Aufteilung in Start- und Kopfgabe letztlich deutlich größeres Potential als die Platzierung des Düngers.

Versuchsfrage und -hintergrund

Bei Salat wird der Zwischenreihenbereich von dessen Wurzeln erst zum Ende der Kulturdauer erschlossen (Steingrobe und Schenk 1994). Es wird davon ausgegangen, dass dies die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit bzw. -aufnahme in bedeutendem Umfang begrenzt und die Ertragswirksamkeit des im Zwischenreihenbereich platzierten Düngers geringer ist. Der Versuch soll klären, inwieweit durch eine platzierte Ausbringung (Konzentration des Düngers auf 2/3 der Fläche durch Banddüngung im Reihenbereich) die Dünger-N-Effizienz im Salatanbau erhöht und dadurch evtl. Düngermengen reduziert werden können. Grundsätzlich wird hierbei davon ausgegangen, dass sowohl das Gesamt-N-Angebot ($N_{\min}$ -Sollwert) als auch die $N_{\min}$ -Konzentration in unmittelbarer Umgebung des Erdpresstopfes zu Kulturbeginn eine Rolle bei der Ertrags- und Qualitätsbildung spielen. Eine ausreichend hohe $N_{\min}$ -Verfügbarkeit bereits zu Kulturbeginn wird in der Praxis oftmals mit einer zügigeren Bestandesentwicklung und dementsprechend mit einer kürzeren Kulturdauer in Verbindung gebracht.

Versuchsdurchführung

Der Versuch fand auf der gemüsebaulichen Versuchsfläche des Gartenbaukompetenzzentrums der LFA statt (SI 2-3; $C_{\text{org}} \sim 0,8$) und war als vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Er umfasste fünf Varianten mit unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Verteilung der N-Düngung sowie unterschiedlicher Gesamt-N-Düngermenge (Tab. 1). Die Parzellengröße betrug 24 m². Die Pflanzung des Eissalates ('Templin') erfolgte am 01.08.2014 mit einem Pflanzenabstand von 35 x 38 cm. Die Vorfrucht war Sandhafer (*Avena strigosa*), dessen Aufwuchs am 08.07.2014 gemäht und abgefahren wurde. Die Entnahme von $N_{\min}$ -Bodenproben zur Bemessung der N-Düngermengen erfolgte am 14.07.2014. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich 9 kg N/ha in der Bodenschicht 0-30 cm und 8 kg N/ha in 30-60 cm. Insbesondere da nachfolgend noch eine wendende

Banddüngung bei Eissalat ohne Einfluss auf N-Aufnahme und Ertrag

Bodenbearbeitung erfolgte (17.07.2014), wurden am Tag der N-Düngerausbringung am 29.07.2014 erneut $N_{\min}$ -Bodenproben genommen. Innerhalb des etwa zweiwöchigen Zeitraums zwischen den beiden Beprobungen waren die $N_{\min}$ -Werte auf 34 und 29 kg N/ha in 0-30 bzw. 30-60 cm Bodentiefe angestiegen. Die 34 kg N/ha wurden als Basiswert für die Kalkulation der N-Angebotsniveaus der einzelnen Varianten („ $N_{\min}$ -Sollwerte“) verwendet. Das N-Düngerniveau der Varianten 2-4 entspricht mit einem $N_{\min}$ -Sollwert von 167 kg N/ha hierbei in etwa dem gegenwärtigen N-Bedarfswert für Eissalat (Sommer: 175 kg N/ha; früh: 150 kg N/ha früh; Herbst: 165 kg N/ha) (Feller et al. 2019).

Als N-Dünger wurde Kalkammonsalpeter (KAS) genutzt. Bei den Banddüngungsvarianten fand die Düngerausbringung im Reihbereich als Bandapplikation auf zwei Drittel der Gesamtfläche statt („2/3-Band“). Um den Einfluss einer unterschiedlichen Düngereinarbeitung so gering wie möglich und bei allen Varianten ähnlich zu gestalten, erfolgte die Düngerausbringung erst nach der Bodenbearbeitung mittels Kreiselegge. Die anschließende Einarbeitung des Düngers erfolgte mit einem Striegel. Die Unterschiede zwischen den Varianten hinsichtlich Dünger-N-Menge sowie räumlicher und zeitlicher Verteilung der Düngergaben hatten u. a. unterschiedliche $N_{\min}$ -Konzentrationen im Reihbereich am Pflanztermin zum Ziel. Unter Berücksichtigung der (flächig vorliegenden) Start- $N_{\min}$ -Menge variierte die $N_{\min}$ -Konzentration rechnerisch zwischen 159 und 242 kg N/ha (Tab. 1), wobei die Varianten 1 bis 3 und die Varianten 4 und 5 mit 159-167 kg N/ha beziehungsweise 234-242 kg N/ha jeweils ähnliche Niveaus aufwiesen.

Tabelle 1: Übersicht über die N-Düngevarianten

Var.	Düngestufe		Räumliche und zeitliche Verteilung der Düngergaben	$N_{\min}$ -Konzentration in der Pflanzreihe am Pflanztermin ²
	$N_{\min}$ -Sollwert ¹ (kg N/ha)	N-Düngemenge (kg N/ha)		
(1)	117	83	2/3-Band	159 kg N/ha
(2)	167	133	83 kg N/ha (2/3-Band) + 50 kg N/ha Kopfgabe ³	159 kg N/ha
(3)	167	133	breitwürfig	167 kg N/ha
(4)	167	133	2/3-Band	234 kg N/ha
(5)	242	208	breitwürfig	242 kg N/ha

¹Start- $N_{\min}$: 34 kg N/ha (0-30cm)

²rechnerisch ermittelt unter Berücksichtigung von Start- $N_{\min}$, Dünger-N-Menge zur Pflanzung und deren räumlicher Verteilung (kein Messwert)

³21 Tage nach Pflanzung; zur Vermeidung von Pflanzenschäden durch Düngerkontakt im Zwischenreihbereich

Die Unkrautkontrolle erfolgte mittels Herbizids (Kerb FLO, 3,75 l/ha). Die mittlere Tagesmitteltemperatur im Kulturzeitraum (01.08. - 23.09.2014) betrug 16,8°C. Während der August (erste Kulturhälfte) im Vergleich zum langjährigen Mittel etwas kühler war, lag die mittlere Temperatur im September darüber. Im Kulturzeitraum fielen insgesamt 78 mm Niederschlag. Zusätzlich wurden im ersten Kulturdrittel an drei Terminen jeweils 8 mm beregnet.

Banddüngung bei Eissalat ohne Einfluss auf N-Aufnahme und Ertrag

Die Ernte sowie die Ertrags- und Qualitätserfassung fanden am 23.09.2014 statt. Dabei wurden je Parzelle zwischen 50 und 60 Pflanzen entnommen und einzeln die Gesamtpflanzen- sowie Ertragsfrischmasse erfasst. Ebenso wurde der vertikale und horizontale Kopfumfang gemessen. Von der Ertrags- und Ernterückstandsfraktion wurden variantenweise der Trockenmasse- und Gesamtstickstoffgehalt bestimmt (VDLUFA III 4.1.1). Am 26.09.2014 erfolgte ebenfalls variantenweise die Entnahme von Bodenproben bis 90 cm Tiefe für die N_{min} -Untersuchung (VDLUFA I 6.1.4.1). In allen Varianten erfolgte die Bodenprobennahme in der Bodenschicht 0-30 cm im Reihen- und Zwischenreihenbereich separat. Die Rest- N_{min} -Menge zur Ernte wurde als gewichteter Mittelwert (2/3 Reihenbereich und 1/3 Zwischenreihenbereich) errechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels einfaktorieller ANOVA und ggf. nachfolgendem Tukey HSD-Test ($\alpha < 0,05$). Prozentwerte wurden vor der Verrechnung arcsin-transformiert. Die Berechnung des Kopfvolumens wurde unter Annahme einer Ellipsoidform ($V = 4/3\pi a^2 b$) durchgeführt, wobei a der horizontale und b der vertikale Halbmesser (1/2 Durchmesser) sind (vgl. Jenni und Bourgeois 2008). Die Halbmesser a und b wurden rechnerisch aus dem gemessenen horizontalen bzw. vertikalen Kopfumfang ermittelt.

Ergebnisse**Ertrag und Qualität**

Das Kopfgewicht betrug nach 53-tägiger Kulturdauer im Mittel aller Varianten 770 g. Trotz der Variation in der Gesamtdüngermenge von insgesamt 125 kg N/ha und den Unterschieden in der Düngerplatzierung konnten keine signifikanten Ertragseffekte erzielt werden (Tab. 2). Ebenso wurden keine signifikanten Unterschiede im Kopfdurchmesser und in der Kopfdichte festgestellt. Variante 1 mit 117 kg N/ha zeigte tendenziell den geringsten Ertrag und das geringste mittlere Kopfgewicht, die Banddüngungsvariante mit 167 kg N/ha (Var. 4) wies tendenziell die höchsten Werte für die Parameter Ertrag sowie Kopfgewicht und -durchmesser auf. Somit führte auch eine N-Düngung oberhalb des N-Bedarfswertes (Var. 5) nicht zu einer Ertragssteigerung.

Tabelle 2: Ertrags- und Qualitätsparameter von Eissalat in Abhängigkeit von der Düngevariante

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	117 kg N/ha (Band)	167 kg N/ha (Band+Kopf)	167 kg N/ha (breitw.)	167 kg N/ha (Band)	242 kg N/ha (breitw.)
Ertrag (dt/ha)	564,3	581,9	590,3	591,3	580,5
Gesamtaufwuchs (dt/ha)	990,3	1023,0	1035,2	1030,4	1022,1
Kopfgewicht (g)	746,6	769,9	780,9	782,2	768,0
CV ² Kopfgewicht (%)	20,3	20,8	20,5	18,6	19,6
Kopfdurchmesser D ¹ (cm)	15,8	15,7	15,9	16,2	16,0
CV ² Kopfdurchmesser D (%)	6,2	5,6	8,8	6,7	6,0
Kopfdichte (g/cm ³)	0,49	0,49	0,49	0,48	0,47
Kopfanteil D < 16 cm (%)	61,6 ab	65,8 a	58,9 ab	39,5 b	50,8 ab

Unterschiedliche Buchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten (Tukey; $\alpha < 0,05$)

¹horizontaler Durchmesser

²Variationskoeffizient

Banddüngung bei Eissalat ohne Einfluss auf N-Aufnahme und Ertrag

Lediglich bei der Fraktionierung nach dem Kopfdurchmesser ergaben sich signifikante Unterschiede: Die Band- und Kopfdüngungsvariante (Var. 2) hatte gegenüber der entsprechenden Banddüngungsvariante (Var. 4) bei gleichem $N_{\min}$ -Sollwert (167 kg N/ha) einen um 26 Prozentpunkte höheren Anteil mit Köpfen mit einem Durchmesser < 16 cm (Tab. 2, Abb. 1). Die leicht veränderte Sortierung (Abb. 1) kann auf das tendenziell geringere Kopfgewicht sowie auf die tendenziell höhere Kopfdichte von Var. 2 im Vergleich zu Var. 4 zurückgeführt werden.

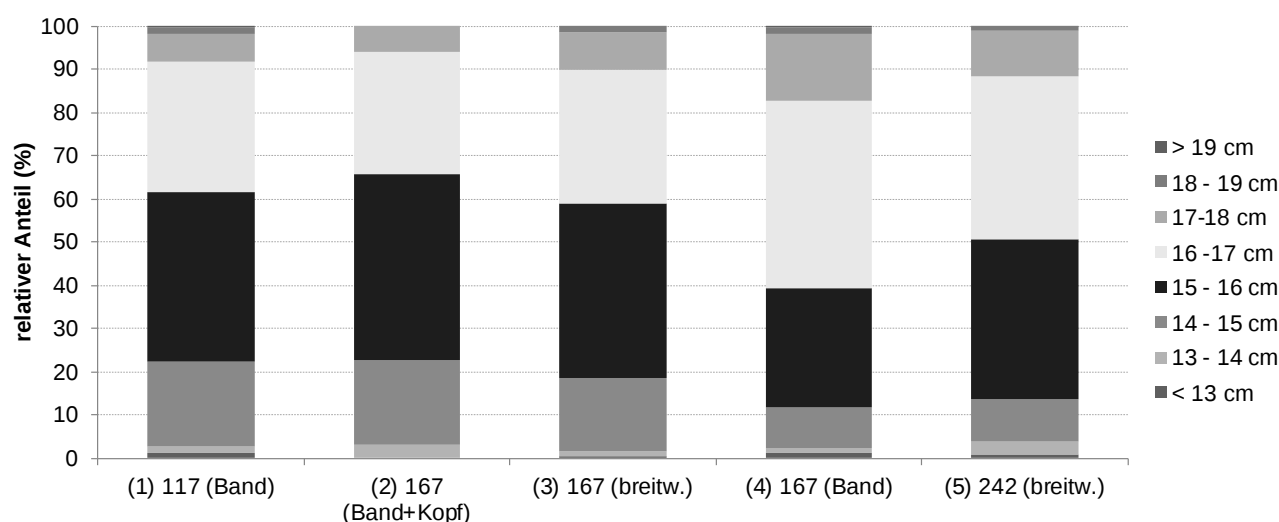


Abb. 1: Sortierung von Eissalat anhand des horizontalen Kopfdurchmessers. Einfluss des N-Düngeniveaus (117, 167 und 242 = $N_{\min}$ -Sollwert in kg N/ha) sowie der räumlichen (Banddüngung vs. breitwürfiger Düngerausbringung) und zeitlichen (Startgabe vs. Aufteilung in Start- und Kopfgabe) Verteilung der Düngergaben.

Stickstoffdynamik

Die N-Aufnahme (Summe aus N in Ertrags- und Ernterückstandsbiomasse zur Ernte) der drei Varianten mit gleichem N-Düngeniveau (Var. 2-4) variierte lediglich zwischen 162-164 kg N/ha und war damit nahezu identisch (Tab. 3). Die im Düngeniveau um 50 kg N/ha reduzierte Variante 1 wies 18 kg N/ha weniger und die um 75 kg Dünger-N/ha gesteigerte Variante 5 zusätzliche 13 kg/ha im Aufwuchs auf. Der N-Harvest-Index (Anteil N in Ertragsbiomasse an gesamter N-Aufnahme) war mit im Mittel 45,1 % vergleichsweise niedrig (vgl. Feller et al. 2011).

Die Rest- $N_{\min}$ -Menge zur Ernte in der Bodenschicht 0-30 cm variierte zwischen 22 und 71 kg N/ha, wobei der geringste Wert in der Variante mit dem niedrigsten N-Düngeniveau (Var. 1) verzeichnet wurde. Den höchsten Wert wies mit 71 kg N/ha Var. 4 auf ($N_{\min}$ -Sollwert 167 kg N/ha, Banddüngung). Auf etwa ähnlichem Niveau lag mit 66 kg N/ha der Rest- $N_{\min}$ von Var. 5 ($N_{\min}$ -Sollwert 242 kg N/ha, breitwürfig). Auf die Rest- $N_{\min}$ -Menge in der Bodenschicht 30-60 cm hatten die Varianten nur einen geringen Einfluss. Der Unterschied betrug maximal 5 kg N/ha.

Da der Versuch keine ungedüngte Kontrollvariante umfasste, kann die scheinbare Netto-N-Nachlieferung aus der organischen Bodensubstanz nur unter Annahme der Netto-Wiederfindung des

Banddüngung bei Eissalat ohne Einfluss auf N-Aufnahme und Ertrag

Dünger-N kalkuliert werden. Unter Annahme einer Wiederfindungsrate von 80 % (Feller et al. 2011) betrug die Netto-N-Nachlieferung aus dem Boden im Mittel der Varianten 5,5 kg N/ha/Woche (Spannweite 2,9 - 9,3 kg N/ha/Woche).

Tabelle 3: N im Aufwuchs, Rest-N_{min} sowie Netto-N-Mineralisation im Kulturzeitraum und N-Bilanz

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	117 kg N/ha (Band)	167 kg N/ha (Band+Kopf)	167 kg N/ha (breitw.)	167 kg N/ha (Band)	242 kg N/ha (breitw.)
N in Ertrag (kg N/ha)	64,7	72,6	75,2	76,2	74,8
N in Ernterückstand (kg N/ha)	80,4	89,5	88,9	86,1	101,3
N _t -Gehalt Ertrag/Kopf (% in TM)	3,24	3,49	3,24	3,56	3,80
N _t -Gehalt Ernterückstand (% in TM)	3,32	3,77	3,78	3,87	4,08
N-Aufnahme (kg N/ha)	145,1	162,1	164,1	162,3	176,1
N-Harvest-Index (%)	44,6	44,9	46,0	47,1	42,7
N _{min} 0-30 cm (kg N/ha)	22,2	44,6	31,8	70,7	65,6
N _{min} 30-60 cm (kg N/ha)	7,2	8,1	8,6	11,7	11,3
N _{min} 60-90 cm (kg N/ha)	14,6	14,0	13,5	12,2	11,3
Netto-N-Mineralisation ¹ (kg N/ha)	28,0	18,3	8,0	48,1	-18,6
N-Bilanz ² (kg N/ha)	18,3	60,4	57,8	56,8	133,2

¹Zeitraum: 29.07.-26.09.2014 (Termine der Bodenprobenahme); Berücksichtigung von N_{min} vor Pflanzung und zur Ernte in 0-60 cm

²N-Düngung - N in Ertrag

Diskussion und Fazit

Die lediglich geringen Unterschiede im N_{min}-Gehalt zur Ernte unterhalb 30 cm Bodentiefe deuten darauf hin, dass im Kulturverlauf keine nennenswerte Sickerwasserbildung und damit keine Nitratverlagerung stattfand. Die mittlere Netto-N-Nachlieferung aus dem Boden in Höhe von 5,5 kg N/ha Woche entspricht größenordnungsmäßig sowohl dem standorttypischen Mittelwert als auch der den offiziellen N-Bedarfswerten zugrundeliegenden Netto-N-Mineralisation (vgl. Feller et al. 2011). Unter diesen Bedingungen hatte eine N-Düngung oberhalb des gegenwärtig N-Bedarfswerts (Var. 5) keinen zusätzlichen Effekt auf Kopfgewicht oder Gesamtaufwuchs, auch wenn die N-Aufnahme im Vergleich zur Standardvariante (Var. 3) um 12 kg N/ha (entspricht 18 % des zusätzlichen Dünger-N) erhöht war. Die höhere N-Aufnahme bei gleicher Aufwuchsmasse spiegelt sich auch in höheren N_t-Gehalten wider (Tab. 3), was u. U. mit höheren Nitratgehalten einhergehen kann.

Die N-Aufnahme der Varianten 2-4, bei denen bei gleichem Düngenniveau die räumliche und zeitliche Verteilung der Düngergaben variierte, war nahezu identisch. Eine um 50 kg N/ha reduzierte und als Band ausgebrachte Düngung (Var. 1) führte zu einer Reduktion der N-Aufnahme um 18 kg N/ha (11 %). Dies deutet an, dass die Dünger-N-Effizienz im Salatanbau durch Banddüngung bei Nutzung schnell verfügbarer N-Dünger nicht grundlegend erhöht werden kann. Dementsprechend scheint zwischen im Reihen- und im Zwischenreihenbereich platziertem Düngerstickstoff zumindest bei Sommersätzen kein wesentlicher Unterschied hinsichtlich der N-Aufnahmeeffizienz zu bestehen. Dies

Banddüngung bei Eissalat ohne Einfluss auf N-Aufnahme und Ertrag

gilt grundsätzlich auch für im Zwischenreihenbereich platzierte Kopfgaben (Var. 3). Schwedische Untersuchungen fanden bei zwei aufeinanderfolgenden Eissalatsätzen ebenfalls keine höheren Kopfgewichte bei unmittelbar an der Pflanzstelle platzierten Startgaben in Höhe von 30 und 60 kg N/ha im Vergleich zu einer entsprechenden breitwürfigen Düngerausbringung (Mogren et al. 2012). Eine weiterführende Qualitätsbeurteilung wurde in dieser Studie nicht vorgenommen.

Die Kopfdichte von Eissalat ist grundsätzlich von Wachstumsfaktoren, insbesondere Temperatur und Strahlung, abhängig. Das Auftreten dichter Köpfe ist hierbei mit geringen Temperaturen im Zeitraum bis und während der anfänglichen Kopfbildungsphase („hearting“) assoziiert (Wurr et al. 1992). Lockere Köpfe mit geringer Dichte werden hingegen primär mit hohen Temperaturen bis zum Zeitpunkt des „heartings“ sowie mit hohen Einstrahlungsintensitäten im Anschluss dessen in Verbindung gebracht. In dem vorliegenden Versuch variierte die Kopfdichte lediglich zwischen 0,47 und 0,49 g/cm³, signifikante Unterschiede zwischen den Varianten wurden nicht festgestellt. Ein relevanter Einfluss der N-Düngestrategie auf die Kopfdichte scheint somit unwahrscheinlich.

Letztlich besitzt die satzindividuelle bedarfsgerechte Bemessung der N-Düngung und deren Aufteilung in Start- und Kopfgabe zur Minimierung von N-Verlusten und N-Bilanzen im Salatanbau größeres Potential als eine Düngerplatzierung.

Literatur

- Feller, C.; Fink, M.; Laber, H.; Maync, A.; Paschold, P.; Scharpf H.C.; Schlaghecken, K.; Strohmeyer, K.; Weier, U.; Ziegler, J. (2011) Düngung im Freilandgemüsebau. In: Fink, M. (Hrsg.): Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), Heft 4, 3. Auflage, Großbeeren
- Feller, C.; Fink, M.; Laber, H.; Rather, K.; Strohmeyer, K.; Ziegler, J. (2019) Stickstoffdüngung nach dem Nmin-System – Nmin-Sollwerte für Freilandgemüse. http://www.igzev.de/projekt_type/n-expert-duengung-im-freilandgemuesebau (16.04.2020)
- Jenni, S.; Bourgeois, G. (2008) Quantifying Phenology and Maturity in Crisphead Lettuce. HortTechnology, 18 (4), 553-558
- Mogren, L.M.; Håkan A.; Ekengard, K.; Torstensson, G. (2012) Placed nitrogen starter fertilizer strategy for field grown iceberg lettuce (*Lactuca sativa*) Acta Horticulturae, 936, 299-304
- Steingrobe, B.; Schenk, M.K. (1994) Wurzelverteilung von Kopfsalat und Möglichkeiten der Düngerplatzierung sowie N-Bevorratung des Pflanzballens zur Erhöhung der Düngereffizienz. Gartenbauwissenschaft, 59 (4), 167-172
- Wurr, D.C.E.; Fellows, J.R.; Hambidge, A.J. (1992) Environmental factors influencing head density and diameter of crisp lettuce cv. Saladin. Journal of Horticultural Science, 67 (3), 395-401