

Knoblauchanbau in Österreich

Kulturanleitung und Schadbilder



Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union



Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

LE 14-20
Entwicklung für den ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raumes
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete



Impressum

Medieninhaber*in, Herausgeber*in:

ARGE Knoblauch
Niederösterreichische
Landes-Landwirtschaftskammer
Wiener Straße 64
3100 St. Pölten

E-Mail: gartenbau@lk-noe.at
Tel.: +43 (0)5 0259-22400

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Institut für Pflanzenschutz
Konrad-Lorenz-Straße 24
3430 Tulln an der Donau

E-Mail: pflanzenschutz@boku.ac.at
Tel.: 01/47654-95300

Projektleitung: Josef Keferböck^a

Redaktion:

Katharina Gasser^b, Josef Keferböck^a, Andreas Felber^a,
Karin Hage-Ahmed^b, Siegrid Steinkellner^b

Unter Mitarbeit von:

Raimund Artner^a, Stefan Resch^a, Franz Haslinger^a, Robert Wappl^a, Andreas Wiesinger^a,
Johannes Ritz, Jordan Lebesmühlbacher^b, Katharina Neubacher^b

^a ARGE Knoblauch, Landwirtschaftskammer Niederösterreich

^b Universität für Bodenkultur Wien, DNW, Institut für Pflanzenschutz

Layout: Anna Gindl, Landwirtschaftskammer Niederösterreich

Titelbild: S. Steinkellner, BOKU

Druck: Sandler GmbH & Co KG, 3671 Marbach an der Donau



Dieses Handbuch wurde aus Mitteln von Bund, Länder und Europäischer Union (Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, LE14-20, Europäischer Landwirtschaftsfond für die Entwicklung des ländlichen Raumes) gefördert.

Die ARGE Knoblauch und Universität für Bodenkultur Wien behält sich das alleinige Verfügungsrecht vor. Jede auch nur auszugsweise Vervielfältigung ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Niederösterreichischen Landes-Landwirtschaftskammer erlaubt. Haftung bezüglich Inhalt und dessen Anwendung wird nicht übernommen.

Geschätzte Leserinnen und Leser!

Der Anbau von Knoblauch hat sich in den letzten Jahren in Österreich deutlich geändert. Ausgehend von extensiver Anbauweise für die Selbstversorgung spezialisierten sich einzelne Betriebe auf den Anbau, um über den Lebensmitteleinzelhandel für die breite Konsument*innenschaft heimischen Knoblauch zu produzieren. Dies brachte eine Intensivierung im Anbau mit sich und damit auch ein verstärktes Auftreten von Schadorganismen, die den Anbau vor große Herausforderungen stellten. Die sich ändernden klimatischen Bedingungen wirken sich zusätzlich negativ auf das Auftreten von schädigenden Erregern im Boden aus.

Da es im Nischenbereich Knoblauch nicht viel Expert*innenwissen gibt, erschien es der Gruppe der Knoblauchanbauer als wichtig, sich mit der Wissenschaft zusammen zu tun, um die neu aufgetretenen Fragen für den Anbau zu beantworten. Die EIP-AGRI- Projektförderung bot eine optimale Möglichkeit der Unterstützung, um für den Knoblauchanbau Fachwissen zu erarbeiten. Mit dem Start des bundesländerübergreifenden Projektes „Maßnahmen gegen bodenbürtige Krankheiten im Knoblauchanbau zur Absicherung des Anbaues in Österreich“ im Jahr 2019 machten sich Landwirt*innen, Fachverbände und wissenschaftliche Partner*innen gemeinsam daran, die anstehenden offenen Probleme aufzugreifen und Lösungen für den Anbau zu finden.

Nach dreieinhalb Jahren produktiver Teamarbeit konnten in vielen Bereichen für die Praxis umsetzbare Ergebnisse erarbeitet werden. Die hohe Qualität der Arbeit ist ein Resultat des ausgezeichneten Zusammenwirkens aller Akteur*innen, aus bäuerlichen Betrieben, den Fachverbänden, der Interessensvertretung, der AGES und nicht zuletzt dem Institut für Pflanzenschutz an der BOKU, das für die Planung und Durchführung der wissenschaftlichen Arbeiten, sowie die praxisgerechte Aufbereitung des Wissens verantwortlich zeichnet. Auch wenn nicht alle offenen Fragen des Knoblauchanbaus zu lösen waren, so konnten die Operationelle Gruppe mit den Expert*innen der Wissenschaft und Dank der Finanzierung aus dem Projekt viele hilfreiche Informationen für den praktischen Anbau erarbeiten, die sonst nicht möglich gewesen wären. Die positiven Rückmeldungen der Teilnehmer*innen bei den abgehaltenen Fachveranstaltungen zeigen uns, dass wir mit den Ergebnissen des Projekts eine Weiterentwicklung und Stabilisierung des Knoblauchanbaus geschafft haben, die von den Produzent*innen auch geschätzt und benötigt wird.

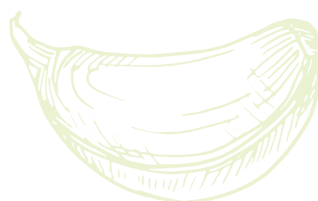
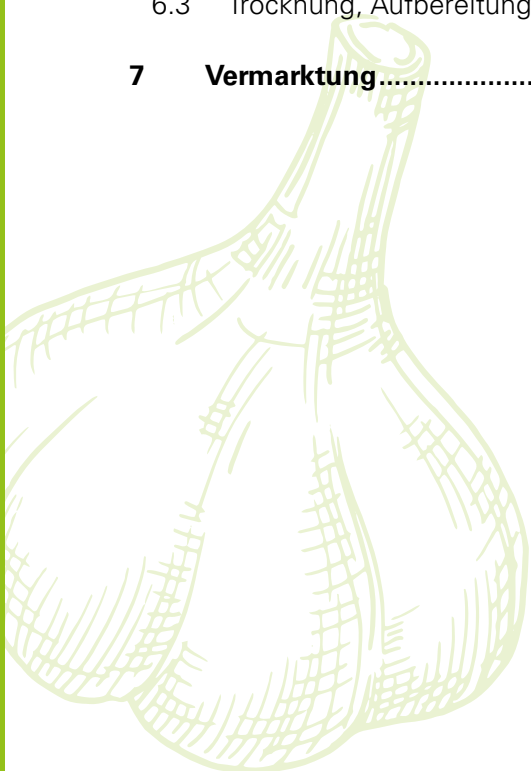
Die nun vorliegende Broschüre ist ein Ratgeber für Knoblauchproduzent*innen in Österreich, die einerseits aus grundlegenden Informationen zum Knoblauchanbau besteht, jedoch auch speziell auf die Fragen des Projektes eingeht, die in praxisgerechter Form aufbereitet wurden. Ich bin überzeugt, dass wir hier einen gelungenen Wegweiser für den Knoblauchanbau geschaffen haben, der den landwirtschaftlichen Betrieben im Anbau eine große Stütze sein wird.

DI Josef Keferböck

Projektleitung Arge Knoblauch

Inhalt

1	Herkunft und Bedeutung	6
2	Biologie	7
3	Sorten	11
3.1	Artichoke-Sortengruppe	12
3.2	Silverskin-Sortengruppe	12
3.3	Creole-Sortengruppe	13
3.4	Turban-Sortengruppe	13
3.5	Sorten im Vergleich	14
4	Standortansprüche	17
4.1	Klima	17
4.2	Boden und Bodenvorbereitung	17
4.3	Fruchtfolge	17
5	Anbau und Kulturführung	18
5.1	Pflanzgutqualität, Pflanzgutlagerung	18
5.2	Pflanzgutaufbereitung	18
5.3	Anbautermin	19
5.4	Pflanzung	20
5.5	Unkrautbekämpfung	21
5.6	Bewässerung	21
5.7	Düngung	22
6	Ernte	23
6.1	Erntezeitpunkt	24
6.2	Erntetechnik	25
6.3	Trocknung, Aufbereitung, Lagerung	27
7	Vermarktung	29



8	Pilzerkrankungen	32
8.1	Fusarium-Basalfäule (<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>).....	32
8.2	Fusarium-Trockenfäule (<i>Fusarium proliferatum</i>).....	35
8.3	Blaufäule, Penicilliumfäule (<i>Penicillium hirsutum</i> synonym <i>Penicillium alli</i> , <i>Penicillium corymbiferum</i>).....	39
8.4	Knoblauchrost (<i>Puccinia porri</i> , <i>Puccinia allii</i>).....	43
8.5	Mehlkrankheit (<i>Stromatinia cepivora</i> , synonym <i>Sclerotium cepivorum</i>)	45
8.6	Knoblauchschwärze (<i>Alternaria embellisia</i> , synonym <i>Embellisia allii</i>)	47
8.7	Schwarzfäule (<i>Aspergillus niger</i> , <i>A. ochraceus</i>).....	49
8.8	Botrytis-Fäule (<i>Botryotinia porri</i> , <i>Botrytis aclada</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , u.a.)	50
8.9	Blatt- oder Samtfleckenkrankheit (<i>Cladosporium alli-cepae</i> , <i>Cladosporium allii-porri</i>)	52
8.10	Blattflecken- oder Laubkrankheit (<i>Stemphylium vesicarium</i>)	53
8.11	Purpurflecken (<i>Alternaria porri</i>).....	54
9	Bakterielle Erkrankungen	56
9.1	Cafe au Lait-Krankheit (<i>Pseudomonas salomonii</i>)	56
10	Viruserkrankungen.....	58
10.1	Knoblauchmosaik-Viren (Garlic mosaic virus-Komplex, GarMV).....	58
11	Tierische Schädlinge.....	59
11.1	Knoblauchfliege (<i>Suillia lurida</i>).....	59
11.2	Lauchminierfliege (<i>Phytomyza gymnostoma</i>)	61
11.3	Thripse (<i>Thrips tabaci</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>).....	62
11.4	Lauchmotte (<i>Acrolepiopsis assectella</i>).....	63
11.5	Zwiebelhähnchen (<i>Lilioceris merdigera</i>).....	64
11.6	Knoblauchgallmilbe (<i>Aceria tulipae</i>).....	66
11.7	Wurzelmilbe (<i>Rhizoglyphus</i> spp.)	68
11.8	Wurzelläsionsnematoden (<i>Pratylenchus penetrans</i>)	69
11.9	Stängelnematode, Stängelälchen (<i>Ditylenchus dipsaci</i>).....	70
12	Abiotische Schäden und Begleiterscheinungen	72
12.1	Waxy breakdown	72
12.2	Besenwuchs	73
12.3	Mechanische Beschädigungen bei der Ernte	75
12.4	Schmutziger Rötelritterling	77
13	Quellenverzeichnis.....	78



1. HERKUNFT UND BEDEUTUNG



Knoblauch (*Allium sativum*) ist weltweit die flächenmäßig größte Kultur unter den Zwiebelgemüsen ^[1]. Die ursprünglich wildwachsende Pflanze wird schon über Jahrtausende als Nutzpflanze angebaut und gelangte über verschiedene Einwanderungswellen nach Mitteleuropa. Als Ursprungsregion des Knoblauchs gilt das weitreichende Gebiet zwischen Ukraine, Ägypten, Indien bis China. Der österreichische Weingartenknoblauch ist ein halbverwilderter Vertreter des vor langer Zeit eingeschleppten Knoblauchs. Der außerhalb des Ursprungsgebietes vorkommende "wilde Knoblauch" ist ebenso der Gattung *Allium* zuzuordnen, umfasst aber andere Arten ^[2, 3].

Knoblauchanbau ist heute weltweit verbreitet, wobei jährlich knapp 28 Mio. Tonnen Knoblauch produziert werden. Die größten Anbauflächen befinden sich in Asien. China ist vor Indien, Bangladesch und Myanmar nicht nur das mit Abstand größte Anbauland der Welt (Tabelle 1), sondern auch absoluter Spitzenreiter im Pro-Kopf-Verbrauch von Knoblauch mit 14,3 kg gefolgt von Korea (6,2 kg/Kopf) und Bangladesch (2,6 kg/Kopf) ^[4]. Als Hauptanbauländer Europas gelten Spanien vor der Ukraine, Russland und Rumänien. Österreich erreichte im Jahr 2020 den 78. Platz auf der Weltrangliste der Knoblauchanbauländer.

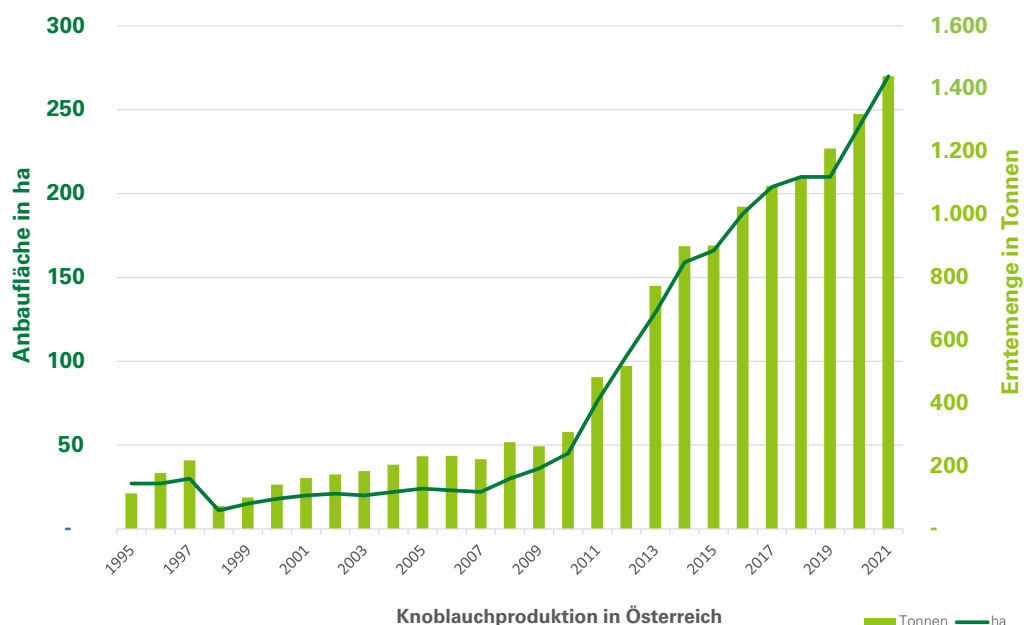


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung der Anbauflächen für die Produktion von Knoblauch sowie die Erntemengen ^[1].

In Österreich wurden im Jahr 2020 auf einer Fläche von rund 240 ha ca. 1.320 t Knoblauch erzeugt (Abb. 1). Bei einem jährlichen pro Kopf Verbrauch von 0,6 kg

Knoblauch in Österreich entspricht das ca. 25 % des heimischen Jahresbedarfs.

Tabelle 1: Knoblauchanbauflächen weltweit und in Europa ^[1].

Ranking	25 Top-Anbauländer weltweit	Anbaufläche in ha (2020)	25 Top-Anbauländer EUROPA	Anbaufläche in ha (2020)
1	China	822.749	Spanien	27.940
2	Indien	352.000	Ukraine	23.800
3	Bangladesch	73.564	Russland	20.619
4	Myanmar	28.142	Rumänien	5.260
5	Spanien	27.940	Moldawien	4.044
6	Südkorea	25.372	Italien	3.290
7	Ukraine	23.800	Frankreich	3.230
8	Russland	20.619	Bosnien-Herzegowina	1.825
9	Ägypten	18.150	Belarus	1.747
10	Äthiopien	15.980	Polen	1.400
11	Argentinien	15.442	Serbien	1.313
12	Indonesien	12.801	Albanien	1.259
13	Brasilien	12.223	Nord Mazedonien	963
14	Algerien	11.687	Griechenland	960
15	Thailand	11.209	Ungarn	770
16	Nepal	10.185	Portugal	670
17	USA	9.591	Tschechien	500
18	Pakistan	9.426	Lettland	500
19	Peru	7.772	Litauen	480
20	Usbekistan	7.438	Bulgarien	370
21	Nordkorea	7.247	Kroatien	270
22	Mexiko	6.783	Montenegro	244
23	Rumänien	5.260	Österreich	240
24	Chin. Provinz Taiwan	5.050	Slowenien	200
25	Syrien	4.965	Niederlande	190



2. BIOLOGIE



Knoblauch (*Allium sativum*) zählt zur Familie der Amaryllisgewächse (*Amaryllidaceae*). Verwandte Arten sind unter anderem Zwiebel (*Allium cepa*), Schnittlauch (*Allium schoenoprasum*), Bärlauch (*Allium ursinum*), Porree (*Allium ampeloprasum*) oder auch der Elefantenknoblauch (*A. ampeloprasum* var. *holmense*). Knoblauch ist in der Natur eine ausdauernde Pflanze mit einem unterirdischen Speicherorgan, der Zwiebel. Die flach gedrückte Zwiebel, auch Bulbe genannt, setzt sich aus nahezu gleich großen Nebenzwiebel (Zehen) zusammen und ist von einer weißen, grünlichen oder rosafarbenen Haut umgeben. Diese besteht aus 6-15, zu fleischig verdickten Zwiebelschuppen, umgewandelten Blättern. Jedes Blatt umschließt in der Zwiebel drei bis fünf Zehen als kollaterale Beiknospen der Blätter. Bei den Zehen handelt es sich um verdickte Niederblätter, die von je einem Hüllblatt umgeben sind. Die Anzahl der Zehen pro Zwiebel variiert je nach Sorte sehr stark. Beim Austrieb entwickeln sich aus den Zehen ca. 1,5 cm breite, lineare, grüne Blätter, die unterseits gekielt sind und spitz zulaufen ^[5-7].

Knoblauch wird seit Jahrtausenden überwiegend vegetativ über Zehen vermehrt. Darüber hinaus ist eine vegetative Vermehrung über Brutzwiebel, sogenannte Bulbillen, möglich. Dem Großteil der Kultursorten fehlt die Fähigkeit zur sexuellen Reproduktion und nur einige Sorten können einen Blütenstand ausbilden. Dabei handelt es sich um eine auf einem gewundenen, nickenden oder gekrümmten Stängel gebildete Scheindolde, wobei statt fertiler Blüten häufig Brutzwiebeln ausgebildet werden. Die Fähigkeit

dieser Blütenbildung wird zur Unterscheidung in zwei Wuchstypen herangezogen: Als Hardneck- oder Stängeltypen werden Sorten bezeichnet, die einen Blütenstand ausbilden, während es sich bei Softneck- oder stängellose Typen um Sorten handelt, die keinen Blütenstand ausbilden können (Abb. 3). Anstelle eines harten Stängels besitzen Softneck-Typen meist eine oder mehrere zentralen Zehen in der Zwiebel und einen Scheinstängel (Pseudostamm) bestehend aus den Blattscheiden (Abb. 2). Diese Einteilung in Hard- und Softneck wird zumeist gleichbedeutend mit einreihigem und mehrreihigem Knoblauch verwendet. Die Fähigkeit, einen Blütenstand zu bilden, ist zum Teil genetisch bedingt, kann aber durch höhere Temperaturen und Tageslängen begünstigt werden. Daher können im Anbau auch Zwischenvarianten erscheinen, mit unvollständig ausgebildeten Blütenständen im Scheinstängel knapp über der Zwiebel. Das Wurzelsystem ist sehr kräftig, jedoch nicht tiefreichend ^[5, 6, 8]

Die Entwicklung von Knoblauch kann anhand der BBCH-Skala (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie) ^[9] beschrieben werden. Die Weiterentwicklung dieser Skala nach Lopez-Bellido et al. (2016) ^[10] berücksichtigt, dass im Vergleich zu anderen *Allium*-Arten bei Knoblauch einige Entwicklungsstufen verborgen stattfinden (Abb. 4, Abb. 5, Abb. 6).

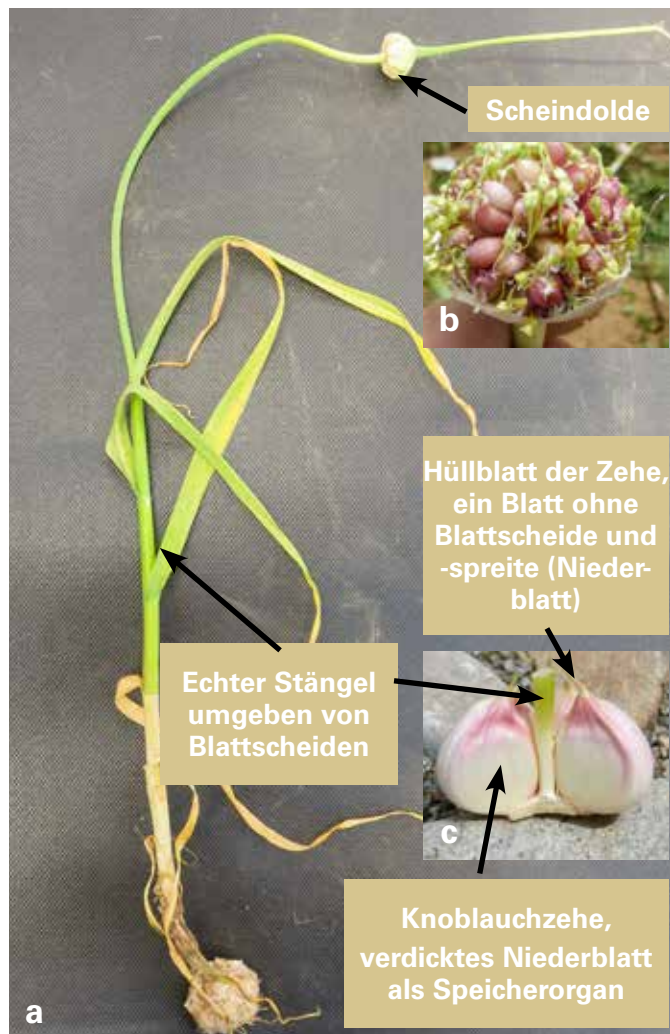


Abb. 2: Hardneck-Knoblauch mit Stängel und Scheindolde (Fotos: K. Gasser, BOKU (a); J. Keferböck, LKNÖ (b-c)).



Abb. 3: Softneck-Knoblauch mit Scheinstängel aus Blattscheiden und zentralen Zehen in der Zwiebel (Foto: J. Keferböck, LKNÖ (a); M. Neubacher, BOKU (b)).

Die dreistelligen Makrostadien der BBCH-Skala umfassen:

- **Stadium 000-009:** Keimung und Keimpflanzenentwicklung (erfolgt im Inneren der Zehen, Längenwachstum des Sprosses in der Zehe bis er voll ausgebildet über dem Erdboden sichtbar ist; Wurzelbildung beginnt noch bevor das Keimblatt die Bodenoberfläche erreicht).
- **Stadium 101-111:** Laubblattentwicklung (Anzahl ist sortenabhängig und wird durch die Größe der gepflanzten Zehe bestimmt)
- **Stadium 200-204:** Bildung von Achselknospen in Achseln oberirdisch noch nicht sichtbarer Laubblätter (wird durch ansteigende Temperaturen und Tageslänge induziert; apikales Sprossmeristem differenziert bei Hardneck-Typen zum Blütenstand, bei Softneck-Typen zur letzten zentralen Zehe; Laubbildung wird gestoppt, Seitenknospen an der Basis der inneren Laubblätter bringen mehrere Niederblätter hervor)
- **(Stadium 300-309:** Längenwachstum des Haupttriebes – entfällt bei Knoblauch)
- **Stadium 400-409:** Knollenbildung durch Differenzierung der Achselknospen zu Zehen (induziert durch ansteigende Tageslänge; rasches Wachstum im Durchmesser)
- **Stadium 500-509:** Entwicklung des Blütenstandes (parallel zur Knollenbildung; nur bei Hardneck-Typen)
- **Stadium 600-609:** Blütenbildung und Blüte (nur bei Hardneck-Typen)
- **(Stadium 700-809:** Fruchtbildung und Samenreife – entfällt bei Knoblauch)
- **Stadium 900-909:** Abreife, Beginn der Ruhephase (mittlere Laubblätter bilden Knollenhülle)

Im Zuge der Reife werden die Reproduktionsorgane wie Zehen und Bulbillen vollständig ausgebildet. Der Blütenstand ist zu Beginn noch gebogen, weich und saftig. Gegen die Ernte verholzt er zunehmend und der Stängel richtet sich senkrecht auf. Mit der Ernte gehen die Zehen in der Knoblauchzwiebel in ein Ruhestadium über; Sprossansatz in den Zehen ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht ausgebildet (Abb. 6). Erst während der Lagerung differenziert das Gewebe. Die Entwicklungen in diesem Ruhestadium können anhand des Keimruheindex (Visual Index of Dormancy, VID) abgeschätzt werden. Der VID errechnet sich aus dem Verhältnis der Sprosslänge in der Zehe zur Zehenlänge.

Zum optimalen Erntezeitpunkt befinden sich die Zehen der Zwiebeln in der echten Ruhephase. Der VID beträgt zu diesem Zeitpunkt ca. 20-30 % (BBCH 000). Im Anschluss folgen eine Nachruhephase und die Streckung des Sprosses. VID Werte von 30-70 % zeigen diese Phase an (BBCH 001). Erreicht der VID den Wert von ca. 70 % ist die Ruhephase beendet und der optimale Zeitpunkt der Pflanzung erreicht (BBCH 002). Erreicht der Spross die Spitze der Zehe beträgt der VID 100 % (BBCH 003) ^[10, 11].

$$\text{VID (\%)} = \frac{\text{Sprosslänge (x)}}{\text{Zehenlänge (y)}} \cdot 100$$

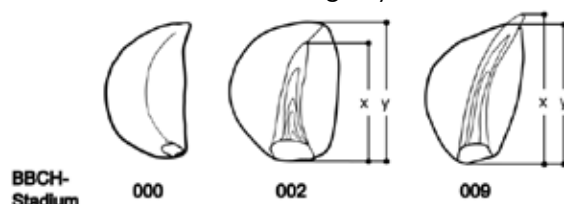


Abb. 6: Entwicklungsstadien von Knoblauch von der Ernte bis zur Pflanzung. (Bild: K. Gasser, BOKU).

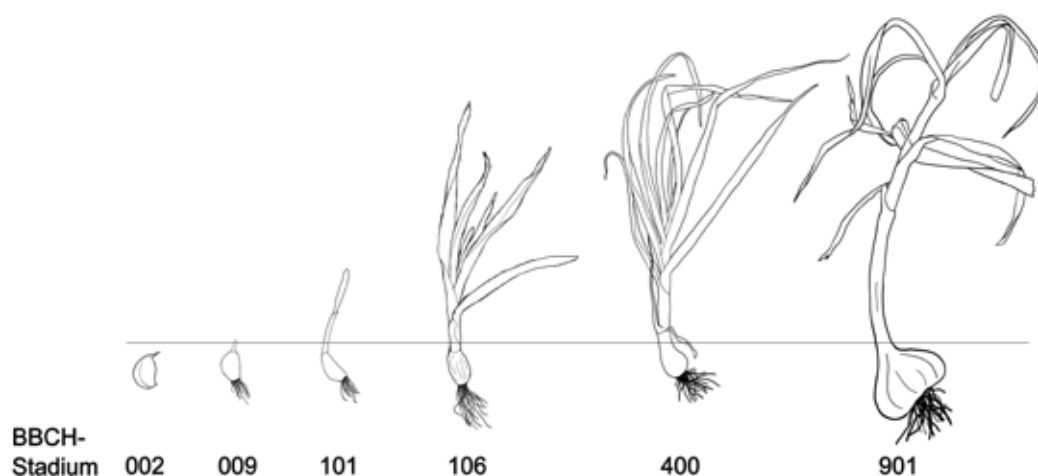


Abb. 4: Entwicklungsstadien bei Knoblauch von der Pflanzung bis zur Ernte (Bild: K. Gasser, BOKU).



Abb. 5: Wichtige Wachstumsschritte: fortgeschrittenes Wurzelwachstum im Dezember (a), beginnende Laubbildung (b) und Längenwachstum im März (c), Ausdifferenzierung der Zehen im Mai (d) und vollständig entwickelte Zwiebel zur Ernte im Juni (e) (Fotos: J. Lebesmühlbacher, BOKU (a-c, e); J. Keferböck, LKNÖ (d))



Foto: J. Keferböck, LKNÖ

3. SORTEN



Bei Knoblauch sind stängelbildende und nicht-stängelbildende Typen bekannt. Bei Hardneck-Sorten wird weiters zwischen regelmäßiger und unregelmäßiger Stängelbildung unterschieden (Abb. 7).

Die einzelnen Knoblauchsarten werden auf Basis der morphologischen und physiologischen Eigenschaften in Sortengruppen zusammengefasst, die bedeutendsten Sortengruppen sind nachfolgend beschrieben (Tabelle 2). [8, 12]



Abb. 7: Knoblauchpflanze mit vollständiger Stängelbildung (a), unvollständiger Stängelbildung (b) und fehlender Stängelbildung (c) (Fotos: K. Gasser, BOKU (a, b); M. Neubacher, BOKU (c)).

Tabelle 2: Einteilung der Knoblauchsorten nach der Fähigkeit und Regelmäßigkeit der Stängelbildung.

Knoblauchtyp	Stängelbildung	Sortengruppe
Hardneck	Regelmäßige Stängelbildung	Porcelains
		Marbled Purple Stripes
		Glazed Purple Stripes
		Rocambole
		Purple Stripes
	Unregelmäßig bzw. unvollständige Stängelbildung	Asiatic
		Creole
		Middle Eastern
		Turban
Softneck	Keine Stängelbildung	Artichoke
		Silverskin
		Subtropical

3.1 Artichoke-Sortengruppe

Artichoke-Sorten zählen zu den nicht stängelbildenden Sorten. Unter Stress- und Kälteeinwirkung kann es jedoch zur Bildung eines Blütenstängels kommen, der normalerweise innerhalb des Scheinstängels verbleibt und in der Regel ein bis fünf ca. haselnussgroße Brutzwiebeln enthält. Diese Sortengruppe hat das höchste Anpassungspotential an verschiedene Klima- und Bodenbedingungen^[3] und vereint eine Vielzahl günstiger Eigenschaften, wie ein hohes Ertragspotential, gute Lagerfähigkeit, eine mittlere bis hohe Dormanz und frühe Reife (vor Creole und Silverskin, aber nach den Turban-Sorten). Die Vermehrungsrate ist aufgrund der hohen Zehenzahl pro Knolle ebenfalls hoch^[3, 13–15]. Aus diesen Gründen dominieren sie momentan die Anbaufläche im deutschsprachigen Raum. Der Großteil der angebauten Sorten geht auf vier Herkünfte aus Frankreich, Spanien und den USA zurück. Aufgrund der mehrreihigen Anordnung der Zehen und der durch den fehlenden Blütenstängel bedingten Kompaktheit stellt die Artichoke-Sortengruppe höhere Anforderungen an die Trocknung als Hardneck-Typen.

Artichoke-Sorten als Lagerware werden als anfälliger für Nachernteverluste durch das sogenannte Waxy breakdown und Befall mit *Fusarium proliferatum* angesehen. Das weist auf eine höhere Anfälligkeit dieser Sortengruppe hin, könnte aber auch darauf zurückzuführen sein, dass viele Betriebe einfach nur Sorten dieses Typs im Anbau haben und der objektive Vergleich fehlt.

Die Vermarktung als Grünkoblauch, die in Deutschland und Holland von größerer Bedeutung als in Österreich ist, stellt eine Möglichkeit dar, diese Nachernteverluste zu umgehen. Der Markt und die Vermarktungsperiode (mehrere Wochen nach der Ernte im Juni ungeputzt bei 2-4 °C, im ULO (ultra low oxygen)-Lager bis ca. Ende Juni) ist hierfür allerdings begrenzt. Für die Vermarktung kann die Farbe der Hüllblätter eine große Rolle spielen. Bei den Artichoke-Sorten gibt es Sortenunterschiede bezüglich der Neigung zu lila Streifen und Flecken auf der ansonsten weißen Schale.

3.2 Silverskin-Sortengruppe

Silverskin-Sorten werden, wie Artichoke-Sorten, den Softnecks zugeordnet, unterscheiden sich jedoch morphologisch (Zehenform, Laubstellung, -färbung), physiologisch (Dormanz) und genetisch signifikant von diesen. Die Zehen sind ebenfalls mehrreihig angeordnet und befinden sich normalerweise in den Achseln der letzten drei bis sechs Laubblätter. Im Gegensatz zu den Artichoke-Sorten können sie später gepflanzt werden und sind auch später erntereif^[13, 16]. In Gegenden mit kühleren Wintern ist das Ausbilden eines vollständigen Blütenstängels möglich und kann bei Nichtentfernen zu einer Reduktion der Knollengröße führen. Von allen Sortengruppen haben sie die beste Lagerfähigkeit und die höchste Zehenzahl pro Knolle, woraus eine hohe Vermehrungsrate resultiert^[3]. Problematisch ist das vielerorts geringere Ertragspotential im Vergleich zu Artichoke-Sorten, das mit einer hohen Zehenanzahl pro Knolle und einem

hohen Anteil kleiner Zehen einhergeht. Zudem stellen sie hohe klimatische Ansprüche und gedeihen am besten in Gegenden mit milden Wintern und langen Vegetationsperioden ^[15]. Diese Sorten sollten sehr spät gepflanzt werden (Jänner bis Februar in mediterranem Klima, März in Nordfrankreich) und werden sehr spät reif. In unseren Breiten werden Silverskin-Sorten für die Frühjahrspflanzung angeboten. Im Vergleich zu anderen Sortengruppen sind sie am geeignetsten für die Frühjahrspflanzung, bedingt durch ihre hohe Keimruhe (Pflanzgut ist im Frühjahr noch nicht ausgetrieben), späte Reife (und dadurch längeren Vegetationsperiode) und geringere Ansprüche an einen Vernalisationsreiz ^[14].

3.3 Creole-Sortengruppe

Die Sorten der Creole-Sortengruppe stammen ebenfalls aus dem Mittelmeerraum, sind jedoch stängelbildend und haben hohe Wärmeansprüche. Die Zehen befinden sich in den Achseln der letzten zwei Laubblätter. Sie verfügen über eine hohe Dormanz und haben, wie die Sorten der Silverskin-Sortengruppe, eine gute Lagerfähigkeit. Der Feldaufgang ist bei diesen Sorten vergleichsweise spät; im Vergleich zu Artichoke- und Turban-Sorten ist das Ertragspotential gering ^[17]. Creole-Sorten haben höhere Wärmeansprüche als beispielsweise Artichoke-Sorten, was ein Grund für ihre niedrigen Erträge hierzulande sein dürfte ^[18]. Die größte Bedeutung haben diese Sorten in Spanien, wo sie heute auf ca. 50 % der Anbaufläche kultiviert werden ^[17]. Es gibt jedoch Berichte, dass Creole-Sorten nach mehreren Jahren der Kultivierung auf kälteren Standorten eine gewisse Anpassung zeigen, die sich in einer Zunahme der Knollengröße äußert. Generell liegt die Stärke dieser Sortengruppe im guten Geschmack und ihrer guten Lagerfähigkeit ^[15].

3.4 Turban-Sortengruppe

Zu den frühesten Sorten zählen die schwach stängelbildenden Turban-Sorten. Dieser Sortentyp hat sich im asiatischen Raum in Gegenden mit nicht zu kalten Wintern entwickelt und zeigt von allen Sortengruppen (außer Subtropicals) den frühesten Feldaufgang, die schnellste Biomassebildung, die am frühesten einsetzende Knollenbildung (ca. zwei Wochen Vorsprung) und die früheste Abreife ^[18]. Nachteilig sind die geringe Dormanz und die schlechte Lagerfähigkeit. Turban-Sorten haben einen hohen Wasseranteil und dementsprechend die höchsten Gewichtsverluste bei der Trocknung. Zudem enthalten

diese Sorten nur wenig Allicin ^[17, 19]. In China, dem größten Knoblauchexportland, sind wichtige Sorten beispielsweise die Turban-Sorten Hybrid White und Hybrid Purple. Als die EU Anfang der 1990er Jahre den Markt für chinesischen Knoblauch öffnete, wurden diese beiden Sorten nach Spanien geholt. Heute werden diese Sorten aufgrund ihrer Frühzeitigkeit und ihres hohen Ertragspotentials auf ca. 50 % der spanischen Fläche angebaut und als Spring White und Spring Purple verkauft ^[17]. Da sich der Blütenstängel erst relativ spät bildet, kann er ohne Ertragseinbußen an der Pflanze belassen werden ^[15]. Diese Sorten haben aufgrund der geringen Dormanz einen schnellen Feldaufgang und können bei früher Pflanzung schon im Herbst mehrere Laubblätter entwickeln. Sie sind dadurch von allen Sortengruppen am stärksten auswinterungsgefährdet und sollten daher vor allem in Gegenden mit kalten Wintern nicht zu früh gepflanzt werden. Aufgrund der kürzeren Vegetationsdauer führen zu späte Pflanztermine jedoch zu Ertragseinbußen. Hier gilt es einen Kompromiss zu finden, der je nach Gegend einen Pflanztermin Mitte bis Ende Oktober bedeutet. Sowohl für Grünknoblauch als auch für Trockenware bieten diese Sorten die schnellste Anschlussware der neuen Saison.

3.5 Sorten im Vergleich

Die Pflanzgutvermehrung hat in Österreich eine vergleichsweise geringe Bedeutung. Deshalb wird der Hauptteil des Pflanzguts aktuell aus Spanien und Frankreich importiert. Dabei handelt es sich vielfach um lokale Züchtungen, die mittels individueller klonaler Selektion gewonnen wurden. Die für den österreichischen Anbau beliebtesten Knoblauchsorten sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Einige Sorten daraus sind in Abb. 8 dargestellt. Der genaue Reife- und Erntezeitpunkt ist dabei unter anderem stark vom Standort abhängig. So wird dieselbe Sorte im Burgenland meist etwa zwei Wochen früher als in Niederösterreich geerntet. Die Lagerfähigkeit kann bei den nachfolgend angeführten Sorten gut vom Reifezeitpunkt abgeleitet werden: Sehr frühe Sorten haben meist die kürzeste Keimruhe und sind deshalb nur kurz lagerbar. Späte Sorten hingegen haben üblicherweise eine lange Keimruhe und können deshalb auch lange gelagert werden. Sie eignen sich daher für den Anbau im Spätherbst oder auch im Frühjahr.

Tabelle 3: Charakteristika wichtiger Knoblauchsorten

Sorte	Sorten- gruppe	Hard-/ Softneck	Herkunfts- land	Keimruhe/ Lagerfähig- keit	Pflanztermin; Färbung der Schale & Zehenschale; Besonderheiten
FRÜH REIFENDE SORTE MIT ERNTE VON ANFANG BIS ENDE JUNI					
Garpek	Turban	HN	ESP	kurz	Herbst; violettstreifig, rosa-braune Zehen
Paradour	Artichoke	SN	FRA	kurz	Herbst; violettstreifig, bräunliche Zehen
Précosem	Turban	HN	FRA	kurz	Herbst; violettstreifig, weiß-bräunliche Zehen, Eignung als Grünknoblauch
Primor	Turban	HN	FRA	kurz	Frühherbst; violettstreifig mit weiß-ro- sa Zehen; Eignung als Grünknoblauch
MITTELREIFENDE SORTEN MIT ERNTE VON ANFANG BIS MITTE JULI					
Garcua	Artichoke	SN	ESP	mittel	Herbst, weißschalig, weiß-bräunliche Zehen, große Zwiebel
Gardacho	Artichoke	SN	ESP	mittel	Herbst; weißschalig, weiß-bräunliche Zehen, kräftiger/dichter Wuchs
Germidour	Artichoke	SN	FRA	mittel	Frühjahr (Winter möglich), weißschalig mit hellrosa Zehen
Messidor	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; weißschalig mit cremefarbenen Zehen, klimatisch widerstandsfähig
Messidrome	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; weißschalig mit cremefarbenen Zehen, klimatisch widerstandsfähig
Rustisem	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; weißschalig, weiß-bräunliche, große Zehen
Therador	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; weißschalig, beige Zehen, ertragreich; klimatisch widerstandsfähig
Thermidrome	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; weißschalig, beige Zehen
Vigor Suprême	Artichoke	SN	USA	mittel	Herbstpflanzung, große Zwiebel
Sabadrome	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; weißschalig, beige Zehen
Sabagold	Artichoke	SN	FRA	mittel	Herbst; gelblich-weiß, beige Zehen; klimatisch widerstandsfähig
SPÄT REIFENDE SORTEN MIT ERNTE VON MITTE BIS ENDE JULI					
Gardos	Creole	HN	ESP	lang	Herbst, Frühjahr; tiefviolette Schale, rötliche Zehen, intensives Aroma
Flavor	Silverskin	SN	FRA	lang	Frühjahr, regional Winter möglich; elfenbeinfarbig, hellrosa Zehen
Printanor	Silverskin	SN	FRA	lang	Spätherbst, Frühjahr; weißschalig, hellrosa Zehen; sehr ertragsreich
Edenrose	Creole	HN	FRA	lang	Spätherbst, Frühjahr; weiß, dunkelrosa gestreifte Zehen,
Cledor	Silverskin	SN	FRA	lang	Spätherbst, Frühjahr, zart violettstrei- fig, rosa Zehen, sehr ertragsreich

Die angeführten Sorten sind im Handel als weißer oder violetter Knoblauch (Schale mit violetten Streifen) zu finden. Neben diesen Sorten erweitern diverse Sorten aus der Ukraine (Ljubascha, Sortengruppe Marble Purple Stripe), aus Tschechien (Vekan, Sortengruppe Glazed Purple Stripe; Uniká, HN; Lipo, HN; Anton, SN; Japo, SN; Lukan, SN), Kroatien (Donja Lomnica, HN; Rinkovec, HN, Zabok, HN; Virovitica, SN) und Deutschland (Barettas Sunshine, Sortengruppe Porcelains) die Vielfalt.

In Österreich sind zudem einige lokale Sorten von Bedeutung. Der Laaer Weingartenknoblauch ist eine eingetragene österreichische Hardneck-Sorte mit rosa, lila, oder purpurner Zwiebelschale. Wie bei Hardneck-

Sorten üblich, sind die Zehen einreihig um den Blütenstand angeordnet. Die ausgewachsene Pflanze erreicht eine Wuchshöhe von 100 cm mit breiten, linear zugespitzten, ca. 1 cm breiten Blättern. Im Vergleich zu den Handelssorten ist diese Knoblauchsorte nicht virusfrei. Daneben ist auch die Sorte Dick, eine lokale Herkunft aus Schöngrabern in NÖ (Abb. 9) bekannt. Die Zwiebeln dieser Hardneck-Sorte erreichen einen Durchmesser von 4-5 cm. Die Hüllblätter der 7-10 Zehen unter der weiß-rosa Schale sind rosa, braun bis violett gefärbt. Die Blüte enthält vergleichsweise große Brutzwiebeln. Diese Sorte wird aufgrund ihres kräftigen Geschmacks geschätzt. Der Anbau dieser nicht virusfreien Sorte erfolgt im Herbst.



Abb. 8: Knoblauchzwiebeln der Softneck-Sorten Garcua (a), Messidrome (b), Flavor (c), Gardacho (d), Therador (e). (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 9: Knoblauchzwiebeln der Hardneck-Sorten Dick (a), Garpek (b), Gardos (c), Ljubascha (d) (Foto: J. Keferböck LKNÖ (a-c); J. Ritz (d)).



Foto: A. Gindl, LK NÖ

4. STANDORTANSPRÜCHE



4.1 Klima

Knoblauch hat sehr hohe Lichtansprüche und benötigt für eine optimale Entwicklung milde bis mild-warme Klimazonen. Für ostösterreichische Verhältnisse hat sich der Anbau im Herbst bewährt. Dies gibt dem Keimling genügend Zeit zur Jugendentwicklung und der Bildung eines kräftigen Wurzelsystems. Knoblauch im Herbstanbau kann die Winterfeuchtigkeit sehr gut ausnützen. Niederschläge im Mai steigern die Zwiebelgröße. Zur Ernte im Juni und Juli sind niederschlagsfreie Phasen von Vorteil.

Die Wintertemperaturen im österreichischen Anbaugebiet werden von den heimischen Herkunftsorten und auch den meisten Kultursorten sehr gut vertragen. Manche, meist sehr frühe, Sorten verfügen allerdings nur über eine bedingte Winterhärte. Vor allem Temperaturen unter -10 °C während der Ruhephase und -5 °C in der Vegetationsperiode können Schäden verursachen. Die Empfindlichkeit steigt bei fehlender Schneedecke, krankem oder verletztem Pflanzgut sowie unzureichender Einwurzelung im Herbst.

4.2 Boden und Bodenvorbereitung

Der Knoblauch bevorzugt mittelschwere, tiefgründige, gut strukturierte Böden. Der pH-Wert sollte zwischen 6 und 7 liegen. In Gebieten mit höheren natürlichen Niederschlägen sind leichtere Böden vorteilhafter. Kalte, tonige Standorte scheiden ebenso aus wie Moorböden.

Der Boden soll frei von Unkraut und Verdichtungen sein. Zu tiefe Bodenlockerung vor dem Anbau bedingt meist einen schlechten Bodenschluss, sowie eine schlechte Wasserführung in der Durchwurzelungszone. Die Wurzelbildung wird dadurch beeinträchtigt und der Feldaufgang ungleichmäßig. Für die optimale Tiefenablage reicht für den Herbstanbau eine Bearbeitungstiefe von 25 cm aus. Eine krümelige Bodenvorbereitung stellt einen entscheidenden Faktor für eine optimale Jugendentwicklung der Pflanze dar.

4.3 Fruchtfolge

Innerhalb der Familie der Zwiebelgewächse (Knoblauch, Zwiebel, Lauch, etc.) ist ein Fruchtfolgeabstand von mindestens 4 Jahren einzuhalten. Bei weniger idealen Standorten und insbesondere bei bekannten Problemen mit bodenbürtigen Schadorganismen ist jedenfalls eine weitere Fruchtfolge von bis zu 8 Jahren empfehlenswert. Putzabfälle von Zwiebelgemüse dürfen mindestens 4 Jahre vor dem Knoblauchanbau nicht aufs Feld rückgeführt werden. Gut geeignete Vorfrüchte sind Getreide und Leguminosen. Organische Dünger, späträumende Kulturen, Kulturen, die viel organisches Material am Feld zurücklassen sowie Begrünungen werden vor dem Knoblauchanbau nicht empfohlen (z.B. Mais, Zuckerrübe, Luzerne, Kohlgemüse).



Foto: A. Gindl-LikNO

5. ANBAU UND KULTURFÜHRUNG



5.1 Pflanzgutqualität, Pflanzgutlagerung

Pflanzgut sollte ausschließlich von visuell gesunden Knoblauchbeständen gewonnen werden. Heimische Herkunft und Landsorten weisen zum Teil einen hohen Virusbefall auf, welcher die Ertragsleistung der Knoblauchsarten erheblich einschränkt. Im Handel wird mittlerweile häufig virusfreies Pflanzgut angeboten.

Zur Verwendung als Pflanzgut sollte Knoblauch nach der Ernte jedenfalls gut getrocknet und von Erde gesäubert werden. Besonderes Augenmerk ist auf Kontaminationen mit Schadpilzen, Nematoden und Milben zu legen. Optimale Lagerbedingungen liegen bei 16-18 °C, einer Luftfeuchtigkeit von max. 50-60 % und einer CO₂-Konzentration von max. 0,1 %. Zu kühle Lagerung wirkt sich negativ auf die Keimruhe aus. Sie wird schon bei Temperaturen von 6-7 °C rasch gebrochen. Können die optimalen Lagerbedingungen nicht eingehalten werden, kann es durch physiologische Änderungen in der Knoblauchzwiebel zum Auftreten von sekundären Sprossen (Zwiewuchs, Besenwuchs) kommen. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Lagerung des Pflanzgutes bei 15 °C bis 20 °C im Vergleich zu 5 °C bis 10 °C zur besseren Qualität des Erntegutes und zu weniger unförmigen und aufgeplatzten Zwiebeln führt. Eine Kühllagerung des Pflanzgutes bei 5 °C wirkt sich zudem negativ auf den Ertrag im Folgejahr aus ^[20]. Der optimale Pflanzzeitpunkt liegt bei einem Keimruheindex (VDI) von 70 % (siehe Kapitel 2 Biologie)

5.2 Pflanzgutaufbereitung

Die Knoblauchzwiebel wird in der Pflanzgutaufbereitung in die einzelnen Zehen zerteilt. Sehr schonend, jedoch auch sehr arbeitsintensiv, ist das Zerteilen per Hand. Durch pilzliche Erreger (*Penicillium*, *Fusarium*; siehe Kapitel 8 Pilzkrankungen) geschädigte Zehen können bei dieser Art der Zerteilung einfach eliminiert werden, noch bevor es zu einer Ausbreitung auf das restliche Pflanzgut kommen kann. Für den großflächigen Anbau hat sich das maschinelle Zerteilen durchgesetzt (Abb. 10 a). Damit das Zerteilen leichter und schonender erfolgt, ist davor ein fünfstündiger Trocknungsvorgang bei 30 °C empfehlenswert. Sind die Knoblauchzwiebeln „rascheltrocken“, sind sie bereit zum Brechen. Die Zehen werden nach dem mechanischen Zerteilen der Zwiebeln am Verleseband meist händisch aussortiert und bei Bedarf vereinzelt (Abb. 10 b). Die Qualität der Pflanzzeihen hängt letztendlich sehr stark von der Maschineneinstellung und der Arbeit des Verlesens ab (Abb. 10 c). Mechanische Verletzungen der Zehen beim Brechen machen das Pflanzgut anfälliger für Pilzkrankungen am Feld. Zudem können Pilze beim Brechen von einzelnen befallenen Zehen auf das Pflanzgut verteilt werden. Das Zerteilen der Zwiebeln sollte möglichst unmittelbar vor der Pflanzung erfolgen. Die Lagerung gebrochener, unbehandelter Pflanzzeihen ist nur sehr eingeschränkt möglich. Selbst bei einer kurzzeitigen Lagerung sollte das Pflanzgut unbedingt belüftet werden, um ein rasches Abtrocknen der entstandenen Wunden zu gewährleisten. Eine Sortierung der Pflanzzeihen nach Größe ist für den Anbau vorteilhaft.



Abb. 10: Maschinelles Zerteilen der Knoblauchzwiebeln. Die ganzen Zwiebeln werden mechanisch aufgebrochen (a), die Zehen händisch vereinzelt und nachsortiert (b). Die Zehen sollten im Anschluss möglichst wenige Beschädigungen aufweisen (c) (Fotos: K. Gasser, BOKU (a, b); J. Keferböck, LKNÖ (c)).

Für die Beizung von Knoblauchpflanzgut sind in Österreich keine Pflanzenschutzmittel zugelassen. Aktuell gilt, dass Pflanzgut, das bereits gemäß den einschlägigen saatgutrechtlichen Regelungen mit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln in einem anderen Land gebeizt wurde, in Österreich ausgepflanzt werden darf. Allerdings sind mögliche Rückstände der verwendeten Wirkstoffe im Erntegut zu beachten und die Rückstandshöchstgehalte (Maximum Residue Levels – MRL) einzuhalten ^[21]. Eine Beizung schützt nur teilweise vor Pilzinfektionen. Sie kann dazu beitragen, Verletzungen durch das Brechen besser abheilen zu lassen.

5.3 Anbautermin

Knoblauch wird in Österreich in der wirtschaftlichen Nutzung überwiegend einjährig überwintert kultiviert. Der optimale Anbautermin ist sortenabhängig (siehe Kapitel 3 Sorten) und wird im Wesentlichen durch die Bodenfeuchte und das Wetter bestimmt. Der Spross und die Wurzeln der Herbstsorten entwickeln sich noch im Herbst. Nach der Vernalisationsphase im Winter beginnt im Frühjahr die Blattentwicklung. Ein komplexes sortenabhängiges Zusammenspiel

von Temperatur und Fotoperiode in den folgenden Monaten definiert die Anzahl der Laubblätter, sowie Hüllblätter und Speicherblätter.

Der Herbstanbau startet Anfang Oktober und kann, je nach Bodenzustand und Außentemperaturen, bis Mitte Dezember erfolgen. Der Anbauzeitpunkt soll so gewählt werden, dass noch eine Grundentwicklung im Anbaujahr möglich ist (Abb. 11). Für die Ausbildung eines kräftigen Wurzelsystems sollten die Zehen 1-1,5 Monate vor dem Abfall der Bodentemperatur unter 0 °C gepflanzt werden ^[22]. Die Triebbildung sollte noch im Herbst beginnen, jedoch nicht zu stark fortschreiten. Eine starke vegetative Entwicklung im Pflanzjahr bietet nicht nur viel Angriffsfläche für Kahlfröste, sondern begünstigt im Folgejahr auch die sehr zeitig auftretende Knoblauchfliege (siehe Kapitel 11.1).

Ein Anbau im Frühjahr ist grundsätzlich für alle Sorten möglich und erfolgt im März. Der Frühjahrsanbau reduziert die Gefahr durch die Knoblauchfliege zwar deutlich, spielt in Österreich aber aufgrund der geringeren Erträge eine untergeordnete Rolle.

5.4 Pflanzung

Bei der Handpflanzung werden die Knoblauchzehen orientiert mit der Wurzelscheibe nach unten gepflanzt. Bei der maschinellen Pflanzung erfolgt die Ablage der Zehen mit zufälliger Orientierung, meist in Seitenlage (Abb. 12). Die Pflanztiefe ist vor allem von der Größe der Zehen (und damit zum Teil von der Sorte) und von der Bodenart abhängig. Kleinere Kaliber können seichter abgelegt werden. Unabhängig von diesen Faktoren wird eine Bedeckung der Zehen mit 2-4 cm Erde empfohlen. Dazu ist auch nachfolgendes Anhäufeln möglich. Die Pflanzenanzahl je Hektar richtet sich nach Sorte und Verwendung des Ernteproduktes. Sie bewegt sich zwischen 280.000 bei großfallenden Sorten (z.B. Sabagold und Garcua) und 400.000 Pflanzen/ha bei kleinfallenden Sorten (z.B. Gardos). Optimal wäre ein quadratischer Verband. Üblicherweise orientiert man sich nach den Gegebenheiten des verfügbaren Maschinenparks. Als Reihenkultur wird Knoblauch üblicherweise in Reihenabständen von 45 cm angepflanzt. Pro Laufmeter werden abhängig von der zu erwartenden Zwiebelgröße 8-12 Zehen gelegt.

Eine Rückverfestigung des bepflanzen Bodens, um den Bodenschluss herzustellen, ist empfehlenswert. Dies kann im Zuge des Anbaus oder im Anschluss mit einer Walze ist erfolgen. Nach dem Anbau sollte in Abhängigkeit von den natürlichen Niederschlägen eine erste Wassergabe von 10-15 mm erfolgen.

5.5 Unkrautbekämpfung

Bodenverdichtungen und oberflächliche Verkrustungen nach dem Winter müssen beseitigt werden. Der Einsatz eines Striegels kann im Sinne des Pflanzenwachstums zu nahezu jedem Zeitpunkt erfolgen. Hacken sollte im Gegensatz dazu so spät wie möglich erfolgen, um Beschädigungen der Wurzeln zu vermeiden. Neben der Unkrautbekämpfung werden die Bodendurchlüftung und Nährstoffmobilisierung verbessert. Die weitere Unkrautbekämpfung kann chemisch, mechanisch oder per Hand erfolgen. Knoblauch besitzt eine sehr geringe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern. Selbst bei einer hohen Bestandesdichte wird der Boden nicht vollständig abgedeckt. Starke Verunkrautung bedeutet für den



Abb. 11: Die Wurzelbildung (a) beginnt beim Herbstanbau noch im Anbaujahr, der Sposs (b) ist nach dem Winter deutlich zu sehen (Foto: J. Keferböck, LKNÖ (a), J. Lebesmühlbacher (b)).

Knoblauch Wasser-, Nährstoff- und Lichtkonkurrenz und somit Ertragseinbußen. Spätverunkrautung behindert die Ernte. Die aktuell zugelassenen Herbizide für den österreichischen Knoblauchanbau sind im **Pflanzenschutzmittelregister** einsehbar und werden auch auf in der Pflanzenschutzmittel-Liste für die Kultur Knoblauch des **Warndienstes der Landwirtschaftskammer** regelmäßig aktualisiert.

5.6 Bewässerung

Eine regelmäßige Wasserversorgung ist für Knoblauch ein wichtiger Ertragsfaktor. Staunässe ist in jeder Phase der Kulturführung zu vermeiden. Als vorbeugende Maßnahme sollte daher der Standort richtig gewählt werden. Knoblauch kann in unserem Klimagebiet die Winterfeuchtigkeit sehr gut nutzen. Bei fehlenden natürlichen Niederschlägen ist zu kritischen Entwicklungszeiten eine Wassergabe empfehlenswert. Wassermangel und Trockenstress führen zu schlechtem Anwuchs und ungleichen Beständen mit allgemein schlechter vegetativer

Entwicklung, Nährstoffmangelercheinungen und geringerer Zwiebelgröße. Neben einer vorzeitigen Abreife mit geringerem Gesamtertrag kommt es bei Trockenstress häufig auch zu einer stärkeren Ausprägung der Virussympptome.

Der größte Wasserbedarf besteht zum Zeitpunkt der Zehenbildung im April und Mai. Spätestens 15-20 Tage vor der Ernte sollte die Bewässerung eingestellt werden, um einen optimalen Abreifeprozess zu gewährleisten. Natürliche Niederschläge in diesem Zeitraum beeinträchtigen eine gute Abreife, zu späte Wassergaben wirken sich negativ auf die Schalenqualität auf, begünstigen das Auftreten von Schwärzepilzen (siehe Kapitel 8.6 Knoblauchschwärze) an der Außenhaut und reduzieren die Lagerqualität.



Abb. 12: Mehrreihige Pflanzmaschinen legen die Zehen in Furchen (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

5.7 Düngung

Die Düngung sollte nach den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten- und Feldgemüsebau“ erfolgen. Da Knoblauch sehr schwefelbedürftig ist, sind schwefelhaltige Düngemittel empfehlenswert. Eine bedarfsgerechte Düngung richtet sich nach den angegebenen Erträgen in der Höhe des „N-Sollwertes“ (= N-Bedarf + N-Mindestvorrat). Die maximal zulässigen Düngemengen sind in Tabelle 4 angeführt. Je nach Anbautermin unterscheidet sich der Stickstoffbedarf.

Für den Herbstanbau wird eine Kopfdüngung im Frühjahr zu Vegetationsbeginn empfohlen (Abb. 13). Nur bei Bedarf sollte eine zweite Kopfdüngung zur Zwiebelbildung stattfinden. Bei Frühjahrsanbau sollte eine Grunddüngung zu Kulturbeginn erfolgen. Eine Kopfdüngung kann wieder bei Bedarf zu Beginn der Zwiebelbildung durchgeführt werden. Zu späte Stickstoffgaben können sich negativ auf die Abreife und in weiterer Folge auf die Lagerfähigkeit auswirken. Eine hohe Stickstoffversorgung fördert zudem den Befall mit Knoblauchrost (siehe Kapitel 8.4 Knoblauchrost).

Tabelle 4: Bedarfsgerechte Knoblauchdüngung gemäß der Richtlinie für sachgerechte Düngung im Garten und Feldgemüsebau (Andreas Baumgarten, pers. Mitteilung).

Anbautermin & Ertragsbereich	N-Bedarf in kg/ha	Mindestvorrat zu Kulturende in kg/ha	Düngung in Abhängigkeit zum N-Nachlieferungspotential in kg/ha			Entzugswerte in kg/ha		
			niedrig	mittel	hoch	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Herbstanbau (Ertragsbereich: 4000-12000 kg/ha bezogen auf feldfallende Ware)	110	20	140	110	85	30	80	15
Frühjahrsanbau (Ertragsbereich: 3000-6500 kg/ha bezogen auf feldfallende Ware)	95	20	120	95	70	30	80	15



Abb. 13: Eine Düngegabe sollte zu Vegetationsbeginn im März erfolgen. (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Foto: A. Gindl, LK NÖ

6. ERNTE



Bei den Hardneck-Sorten (z.B. Garpek, Gardos, öst. Weingartentyp) können die Blütenstände 15-20 Tage vor der Ernte entfernt werden (Abb. 14). Dadurch kann die Ernte der Knoblauchzwiebeln erleichtert und der Ertrag gesteigert werden.



Abb. 14: Blütenstände von Hardneck-Knoblauch sollten in diesem Stadium entfernt werden. (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

6.1 Erntezeitpunkt

Der Erntezeitpunkt von Knoblauch richtet sich nach der gewünschten Nutzung. Wird er als Frischgemüse direkt nach der Ernte vermarktet, spricht man von **Grünknoblauch**. Hierbei handelt es sich um noch nicht voll ausgereiften Knoblauch mit begrenzter Haltbarkeit. Die Ernte kann bereits vor der Zwiebelbildung ab Mitte April erfolgen (Abb. 15). Die Vermarktung erfolgt als Bundware mit Blättern. Nach dem Einsetzen der Zwiebelbildung kann bis zur endgültigen Ernte **Grünknoblauch** entnommen und vermarktet werden, solange das Erntegut noch nicht getrocknet wurde. In der Endphase der Grünknoblauchvermarktung erfolgt eine Stückvermarktung der Knoblauchzwiebel ohne Laub. Für die Nutzung als Grünknoblauch sind alle Sorten geeignet.

Bei **Trockenknoblauch** liegt der Erntezeitpunkt je nach Sorte und Verwendung in den Monaten Juni bis Juli. Für den optimalen Zeitpunkt sind verschiedene Merkmale zu beachten. Neben dem Verhältnis von Trockenmasse und Wasser, ist der Anteil der bereits abgestorbenen Blätter wichtig. Erste Anzeichen für die Abreife ist die Gelbverfärbung der Basalblätter (Abb. 16). Die Erntereife von Knoblauch ist erreicht, wenn die Zwiebel mit 4-5 intakten Schalen bedeckt ist. Der Scheinstängel der Softneck-Sorten muss für die maschinelle Ernte noch aufrecht stehen. Durch das Einhalten des optimalen Erntezeitpunktes kann der Trocknungsprozess kurz gehalten werden. Bei einer zu späten Ernte ist mit Qualitätseinbußen, die sich durch Aufspringen der Zwiebelschalen zeigen, zu rechnen.



Abb. 15: Verkaufsfertiger Grünknolauch vor (a) und nach (b) der Zwiebelbildung (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 16: Das Absterben der Laubblätter weist auf die Erntereife hin. (Foto: K. Gasser, BOKU)

6.2 Erntetechnik

Die Ernte selbst kann entweder maschinell oder per Hand erfolgen, wobei sich eine händische Ernte zwar schonender, aber sehr arbeitsintensiv erweist. Üblicherweise wird mittels Rodeschar oder Rüttelscharroder gelockert und anschließend per Hand aus dem Boden gezogen. Für den großflächigen Anbau hat sich die maschinelle Ernte durchgesetzt (Abb. 17). Aufgrund der Empfindlichkeit des Knoblauchs gegenüber mechanischen Verletzungen wird in Österreich hauptsächlich der Klemmbandroder für die Ernte herangezogen (Abb. 18). Hier wird der Knoblauch am Laub aus dem Boden gezogen und dieses anschließend ca. 5 cm über der Zwiebel entfernt. Das Laub bleibt auf dem Feld, während die Knoblauchzwiebeln über ein Förderband in einen Transportbehälter abgelegt werden. Verletzungen durch den Ernteprozess werden zu einem Teil durch die Schalen abgefedert. Da die Schalen selbst nur selten einreißen, verdecken sie auch Beschädigungen der frischen Zehen (z.B. durch Fallhöhen oder Aufprall auf harte Oberflächen). Verletzungen durch den Ernteprozess begünstigen Pilzinfektionen während der Trocknung und Lagerung. Untersuchungen im Rahmen des Projektes haben gezeigt, dass die

Erntegeräte (Messer und Förderband) die Ursache für mikrobielle Kontaminationen (z.B. Fusarium, siehe Kapitel 8.2 Fusarium-Trockenfäule) sein könnten. Deshalb werden Reinigungsschritte zwischen der Ernte von unterschiedlichen Beständen und Tagen empfohlen.

Eine Ernte mit Laub ist ebenso möglich. In diesem Fall werden die Pflanzen gebündelt und zum Trocknen in einem geschützten Bereich (Dachboden, Halle) aufgehängt (Abb. 21).

6.3 Trocknung, Aufbereitung, Lagerung

Nach der Ernte wird das Erntegut händisch grob von Erdbesatz gereinigt (Abb. 19). Im Anschluss erfolgt die Trocknung des Knoblauchs meist in Kisten oder in Schüttlagern mittels Zwangsbelüftung (Abb. 20). Um Beschädigungen zu vermeiden, sollte das Umlagern in Kisten möglichst schonend erfolgen. Aufgrund der mehrreihigen Anordnung der Zehen und des nicht vorhandenen Blütenstängels, stellen Softneck-Sorten im Vergleich zu Hardneck-Sorten höhere Anforderungen an die Trocknung. Eine möglichst rasche Trocknung bei 30-35 °C und einer Luftfeuchtigkeit von



Abb. 17: Maschinelle Knoblauchernnte (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 19: Frisch geernteter und vorgereinigter Knoblauch bereit zur Trocknung (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

45-50 % reduziert die Ausbreitung von Pilzinfektionen, wie z.B. Fusarium. Die Trocknungsdauer hängt vom Feuchtigkeitsgehalt des Knoblauchs sowie der Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Trocknung ab.

Die Entfernung der Wurzel und des Schaftes erfolgt vor der Vermarktung per Hand.



Abb. 18: Knoblauchernte mit dem Klemmbandroder: Der Boden wird gelockert (a), die Pflanzen werden am Laub aus dem Boden gezogen (b), die Zwiebel wird vom Laub getrennt (c) und in einen Transportbehälter abgelegt (d) (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).

Die kurzzeitige Lagerung (bis September) soll dunkel und trocken erfolgen ^[23]. Höhere Temperaturen steigern die Atmungsverluste und die Ausbreitung von Pilzinfektionen. Für eine Vermarktung ab Oktober ist es sinnvoll nur lagerfähige Sorten zu verwenden. Die optimale Lagertemperatur für Langzeitlagerung von Konsumware liegt bei -2 °C. Dadurch werden zudem Ausfälle durch die Fusarium-Trockenfäule (siehe Kapitel 10.2 Fusarium-Trockenfäule) reduziert. Nach dem Auslagern ist darauf zu achten, den

Knoblauch vor einer Weiterverarbeitung an die Umgebungstemperaturen anzupassen. Dadurch werden die Druckempfindlichkeit und frühzeitiger Verderb verringert. Der Knoblauch sollte dafür ein bis zwei Tage vor der Weiterverarbeitung bei Raumtemperatur belüftet werden. Aufgrund der verstärkten Keimfähigkeit nach der Kühlagerung sollte der Knoblauch nach der Weiterbearbeitung möglichst rasch vermarktet werden.



Abb. 20: Trocknungsanlage mit Zwangsbelüftung (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 21: Mit Laub geernteter Knoblauch bei der Trocknung (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Foto: K. Gasser, BOKU

7. VERMARKTUNG



Zu Vermarktung von Trockenknoblauch werden die Knoblauchzwiebel nach der Lagerung nochmals händisch gereinigt (Abb. 22) und anschließend in Netze abgepackt (Abb. 23). Im Vergleich zu anderem Gemüse gibt es für Knoblauch keine spezielle EU-Vermarktungsnormen, die Qualitätsklassen mit entsprechenden Anforderungen definieren. Daher greift für den nationalen und internationalen Handel von Knoblauch die allgemeine EU-Vermarktungsnorm ^[24]. Darin ist die Einhaltung der Mindestqualität und des Mindestreifezustandes geregelt. Mindestqualität bedeutet, dass Knoblauch *„ganz, gesund, sauber, praktisch frei von Schädlingen, frei von Schäden durch Schädlinge, frei von anormaler äußerer Feuchtigkeit und von fremdem Geruch und/oder Geschmack sein muss.“* Zudem muss der Knoblauch den *„Transport und die Handlung aushalten und in zufriedenstellendem Zustand am Bestimmungsort ankommen“*. Hinsichtlich Mindestreifezustand muss Knoblauch entsprechend dem Vermarktungsprodukt (Bundknoblauch, Grünknoblauch, Trockenknoblauch) genügend, jedoch nicht überentwickelt sein. Je Partie lässt die Vermarktungsnorm dabei 10 % (Anzahl oder Produktgewicht) als Toleranz zu. Innerhalb der Toleranz dürfen max. 2 % nach Anzahl oder Gewicht an Produkt einen Verderb aufweisen. Gemäß der Norm muss der vollständige Name des Ursprungslandes auf jedem Packstück angegeben werden ^[24].

Für die Erleichterung des internationalen Handels und die Verbesserung der Rentabilität hat die Arbeitsgruppe für landwirtschaftliche Qualitätsnormen der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für

Europa (UNECE) eine spezifischere Norm für Knoblauch verfasst. Aufbauend auf der allgemeine EU-Vermarktungsnorm sind in der „Norm für die Vermarktung und Qualitätskontrolle von Knoblauch“ ^[25] drei Qualitätsklassen definiert (Klasse Extra, Klasse I und



Abb. 22: Händische Reinigung für den Verkauf von Trockenknoblauch (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

Klasse II). Diese unterscheiden sich in den Qualitätsanforderungen, dem Durchmesser der Zwiebeln, sowie in der Gütetoleranz. Zudem enthält die Norm Bestimmungen bezüglich der Aufmachung und Kennzeichnung. In der Vermarktung werden sehr häufig die **UNECE Normen (FFV-18)** angewendet. In Falle einer Vermarktung von verpacktem Knoblauch, der für Letztverbraucher bestimmt ist, sind in Österreich die Kennzeichnungsvorgaben nach der Lebensmittelkennzeichnungs-Verordnung ^[26] einzuhalten. Verpflichtende Kennzeichnungsbestandteile sind: Sachbezeichnung (Knoblauch, Grünknoblauch), Name und Anschrift des Erzeugers oder Abpackers, Ursprungsland, Nettofüllmenge und die Chargen-/Losnummer. Als freiwillige Kennzeichnungsbestandteile können z.B. die Knoblauchsorte, die Qualitätsklassen, das Datum der Abpackung, die Mindesthaltbarkeit oder die Temperatur

und Lagerbedingungen angebracht werden. Etwaige Angaben zu gesundheitlichen Wirkungen dürfen nur dann gemacht werden, wenn die Wirkung auch wissenschaftlich belegt werden kann.

In der häufig geforderten UNECE Normen sind Qualität und Klassen verbal definiert. Die OECD (Organisation for economic co-operation and development) hat aufbauend auf diese Norm einen nicht verbindlichen **Standard** für den Export von Knoblauch veröffentlicht. Die verbalen Beschreibungen der Produkt-, Qualitätsklassen und Schäden in Englisch und Französisch sind in diesem Dokument mit Bildern ergänzt. Dieser Standard ist auf frischen, halbgetrockneten und getrockneten Knoblauch anwendbar. Grünknoblauch wird explizit ausgeschlossen ^[27].



Abb. 23: Clipper zum Abpacken von Knoblauch in Netze (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 24: Grünknoblauch zum Verkauf (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 25: Frischer, verkaufsfertiger Knoblauch (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



8. PILZERKRANKUNGEN



Die folgenden Schadbildbeschreibungen umfassen ebenso Regulierungsmaßnahmen. Dabei soll vorbeugende Maßnahmen der Vorrang gegeben werden. Da Pflanzenschutzmittelzulassungen in Österreich häufigen Änderungen unterworfen sind, wird auf Handelsprodukte nicht im Einzelnen eingegangen. Für die aktuellen Zulassungen wird auf das **Pflanzenschutzmittelregister** und auf die Pflanzenschutzmittel-Liste der Kultur Knoblauch des **Warndienstes der Landwirtschaftskammer** verwiesen.

8.1 Fusarium-Basalfäule (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*)

Beschreibung

Fusarium oxysporum bildet ca. 120 verschiedene Unterarten (sogenannte. *formae speciales*, f.sp.) aus. Bei der an Knoblauch vorkommenden Unterart *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* handelt es sich um einen relativ spezifischen Schaderreger. Neben Knoblauch erstreckt sich der Wirtspflanzenkreis nur auf weitere Zwiebelgewächse, wie Gemüsezwiebel, Schnittlauch oder Schalotten.

Die durch *Fusarium oxysporum* ausgelöste Basalfäule kann sowohl im Freiland als auch im Lager auftreten. Eine beginnende Infektion zeigt sich im Freiland durch ein Verdrehen und Vergilben der Blätter. An der Basalplatte der Knoblauchzwiebel sind Gewebeverbräunungen sowie ein weißes Pilzmyzel erkennbar (Abb. 26). Der Befall breitet sich in weiterer Folge über die

Pflanze aus und kann zum Absterben der Pflanze führen. Häufig vorkommende latente Infektionen führen erst Laufe der Trocknung und Lagerung zu erkennbaren Symptomen. Ausgangspunkt dafür sind Infektionsstellen an der Basalplatte. Bei starkem Befall kann der Pilz die Schale der Knoblauchzwiebel zwischen den Zehen rosa verfärben (Abb. 27). Der Pilz dringt immer tiefer in das gesunde Gewebe ein und führt zu fortschreitender Gewebeverbräunung und Fäulnis (Abb. 28). Austreibende Wurzeln von gelagertem Knoblauch können durch *Fusarium oxysporum* braun bis rot gefärbt sein (Abb. 29). Latent infiziertes Pflanzgut weist eine reduzierte Keimfähigkeit auf. *Fusarium oxysporum* kann auch gemeinsam mit *Fusarium proliferatum*, dem Erreger der Trockenfäule auftreten.

Biologie

Der Pilz kann verschiedene Sporenformen ausbilden. Während Mikro- und Makrokonidien vor allem für die Verbreitung in der Pflanze und im Bestand verantwortlich sind, ermöglichen die dickwandigen Chlamydosporen eine Überdauerung im Boden für mehrere Jahre. Die Chlamydosporen bilden neben infiziertem Pflanzgut die Hauptinfektionsquelle. Mechanische Beschädigungen und Fraßstellen durch tierische Schädlinge erleichtern das Eindringen und beschleunigen die Ausbreitung. Die Infektion mit *Fusarium oxysporum* kann im Feld über die gesamte Vegetationsperiode erfolgen. Der Pilz dringt über die Wurzeln in die Basalplatte ein, wobei günstige Infektionsbedingungen erst ab einer Bodentemperatur von über 15 °C und bei feucht-nassen Böden vorliegen.

Die optimalen Wachstumsbedingungen für *Fusarium oxysporum* liegen bei 28-32 °C. Niederschläge vor der Ernte begünstigen das Infektionsgeschehen.

Regulierung

Zur Vermeidung der Basalfäule ist eine mindestens vierjährige Fruchtfolge zu empfehlen. Vor dem Stecken sollte das Pflanzgut auf Symptome und Beschädigungen kontrolliert werden. Eine lockere Bestandesführung wirkt dem Befall entgegen. Bei Bewässerung ist einer Tropfberegnung der Vorzug zu geben. Eine Kühlagerung

des Erntegutes unterdrückt die Ausbreitung im Lager. Knoblauchzwiebeln, die als Pflanzgut für die Herbstausaat verwendet werden, sollten dennoch bei 10 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65-70 % gelagert werden, da bei einer Lagerung 4 °C und 10 °C die Keimruhe vorschnell durchbrochen wird. Eine Lagerung des Pflanzguts unter 4 °C führt zu unförmigen Zwiebeln, Hexenbesen und früher Reife. Versuche mit Biokontrollorganismen haben keine Effekte gezeigt. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Fungizide gegen *Fusarium* an Knoblauch zugelassen. Quellen: [28-31]



Abb. 26: Gewebeverbräunung durch *Fusarium oxysporum* und weißes Pilzmyzel an der Basalplatte (Foto: M. Neubacher, BOKU).



Abb. 27: Durch *Fusarium oxysporum* rosa bis rot verfärbte Schalen zwischen den Zehen (Foto: K. Gasser, BOKU)



Abb. 28: *Fusarium oxysporum*: Befall der Basalplatte, Schalen (a) und Zehen (b) (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 29: Schadsymptom von *Fusarium oxysporum* an Knoblauchzehen. Ausgehend von der Basis der Zehen breitet sich der Pilz im gesunden Gewebe aus. (Fotos: K. Gasser, BOKU).

8.2 Fusarium-Trockenfäule (*Fusarium proliferatum*)

Beschreibung

Für *Fusarium proliferatum* sind im Gegensatz zu *Fusarium oxysporum* keine spezifischen Unterarten beschrieben. Der Wirtspflanzenkreis ist sehr weitläufig und umfasst unter anderem Mais, Getreidearten, Zwiebel, Kartoffel, Sonnenblumen, Sojabohne, Ackerbohne, Erdbeeren, Luzerne und Kohlgewächse. *Fusarium proliferatum* ist in der Lage Mykotoxine (Fumonisine, Beauvericin und Moniliformin) zu bilden.

Die Fusarium-Trockenfäule ist weltweit eine der bedeutendsten Pilzkrankheiten an Knoblauch. Der Pilz verhält sich lange latent, weshalb befallene Pflanzen auch zur Ernte noch keine klaren Symptome aufweisen (Abb. 30). Typische Symptome werden erst nach der Trocknung und im Lager gebildet und umfassen oberflächliche, braune, unförmig, einfallende Stellen auf einzelnen Zehen (Abb. 31 a). Diese Befallsstellen sind an den geschälten Zehen zu sehen, insbesondere in Richtung der inneren Hohlräume zwischen den Zehen. Die Trockenfäule kann sich im Lager über die gesamte Knoblauchzwiebel ausbreiten. Die Zehen einer Zwiebel sind meist unterschiedlich stark befallen. In Extremfällen sind sie gänzlich braun verfärbt (Abb. 31 b), erscheinen eingetrocknet und sind häufig mit weißem Myzel bedeckt (Abb. 31 c). Die Symptome können durch gesund wirkende Hüllblätter verdeckt und dadurch leicht übersehen werden. Bei stark befallenen Zehen in der außen liegenden Reihe können sich einzelne Hüllblätter durch mumifizierte Zehen leer anfühlen. Die inneren Schalenlagen und auch die Hüllblätter von getrockneten Knoblauchzwiebeln können durch einen Befall mit *Fusarium proliferatum* rosa-lachsfarben erscheinen (Abb. 31 g). Die Verfärbung der inneren Schalenlagen wird meist durch eine intakte, unauffällige äußerste Schalenlage verborgen. Die Basalplatte ist zumeist nicht betroffen. Häufig sind aber Mischinfektionen mit *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* nachweisbar. Beschädigungen durch den Ernteprozess oder Insekten begünstigen einen starken Befall (Abb. 31 d-f). Frühe Symptome der Trockenfäule können mit einem Befall durch die Knoblauchgallmilbe verwechselt werden. Die Mumifizierung und komplette Verbräunung der Knoblauchzehen kann auch durch die physiologische Störung Waxy breakdown (siehe Kapitel 12.1 Waxy breakdown) hervorgerufen werden.

Biologie

Fusarium proliferatum bildet Mikro- und Makrokonidien

(Abb. 31 h, i), jedoch keine Chlamydosporen. Der Pilz kann als Myzel in und auf befallenen Pflanzenrückständen der verschiedenen Wirtspflanzen überdauern und gilt allgemein als bodenbürtig. Im Knoblauchanbau erfolgt die Übertragung vorwiegend über latent infiziertes Pflanzgut, welches eine reduzierte Keimfähigkeit zeigt. Im Freiland bleibt die Infektion lange unauffällig, erst ab Beginn der Reifephase bilden sich schleichend Symptome aus. Typische Symptome werden meist erst während der Trocknung und im Lager sichtbar. Eine Übertragung auf befallsfreie Knoblauchzwiebeln im Lager gilt als sehr unwahrscheinlich. Die Entwicklung von *Fusarium proliferatum* ist über einen Temperaturbereich von 4-40 °C beschrieben, die optimale Wachstumstemperatur liegt bei 25 °C. In Sortenversuchen zeigte sich eine hohe Anfälligkeit der meisten Sorten, bei rötlichen Typen war die Anfälligkeit meist geringer. Luftzwiebeln von blütenbildenden Sorten zeigen einen stark reduzierten Befall mit *Fusarium proliferatum* ausgehend von befallenem Saatgut auf. Unter Feldbedingungen sind für den Pilz Überlebensraten von zwei Jahren dokumentiert, bereits nach dem ersten Jahr reduziert sich die Anzahl vitaler Vermehrungseinheiten aber um 90 %.

Regulierung

Eine weite Fruchtfolge wird für den Knoblauchanbau jedenfalls empfohlen. Für *Fusarium proliferatum* ist ein befallsreduzierender Effekt dieser Maßnahme jedoch nicht eindeutig belegt, da der Schaderreger über einen weiten Wirtspflanzenkreis (z.B. Getreide insbesondere Mais, Sorghum, Spargel, Paprika) verfügt. Als wichtigste

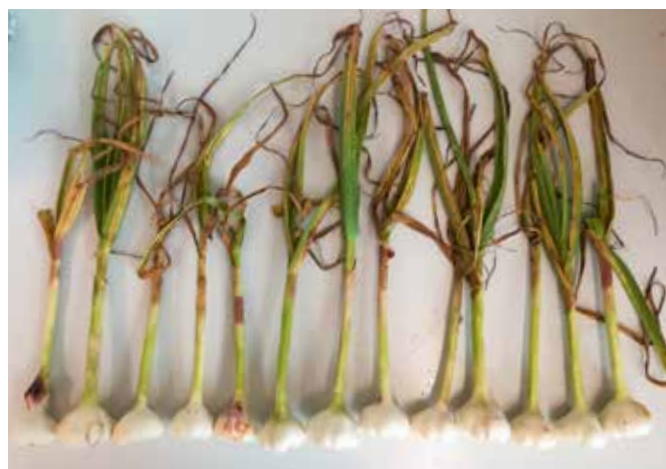


Abb. 30: Zur Ernte deuten keine klaren Symptome auf einen Befall mit *Fusarium proliferatum* hin. In allen Zwiebeln im Bild wurde *Fusarium proliferatum* nachgewiesen (Foto: N. Laure, BOKU).

Maßnahme gilt die Verwendung von gesundem Pflanzgut. Durch Kühlagerung des Erntegutes kann die Ausbreitung des Pilzes unterdrückt werden. Befallene und beschädigte Zehen sollten vor dem Anbau aussortiert werden. In südlichen Anbauländern kann durch Abdecken des Bodens vor Kulturbeginn mit einer Plastikfolie für 4-6 Wochen (=Solarisation) eine Reduktion des Inokulums erzielt werden. Das Einarbeiten von Ernterückständen reduziert ebenso das Inokulum für die Folgefrucht, da der Pilz in Rückständen an der Oberfläche länger überdauern kann. Der Einsatz von Fungiziden zur Vorsaatsbehandlung ist mittlerweile in Europa weitgehend verboten. In Versuchen haben Triazole und Azole eine bessere

Wirkung gegen den Schaderreger gezeigt als Strobilurine; die Wirkung von Biokontrollorganismen liegt dahinter. Eine Freilandbehandlung mit Fungiziden oder Biokontrollorganismen hat jedenfalls keinen nachhaltigen Effekt auf die Krankheitsentwicklung im Lager. In Österreich sind derzeit (2023) keine Fungizide gegen Fusariosen an Knoblauch registriert. Knoblauch sollte möglichst schonend geerntet werden, da offene Wunden eine Befallsausbreitung während der Trocknung und Lagerung begünstigen. Durch das Einhalten des optimalen Erntezeitpunktes kann der Trocknungsprozess kurzgehalten werden. Eine möglichst rasche Trocknung bei 30-35 °C reduziert den Befall und die Ausbreitung. Quellen: [31–37]

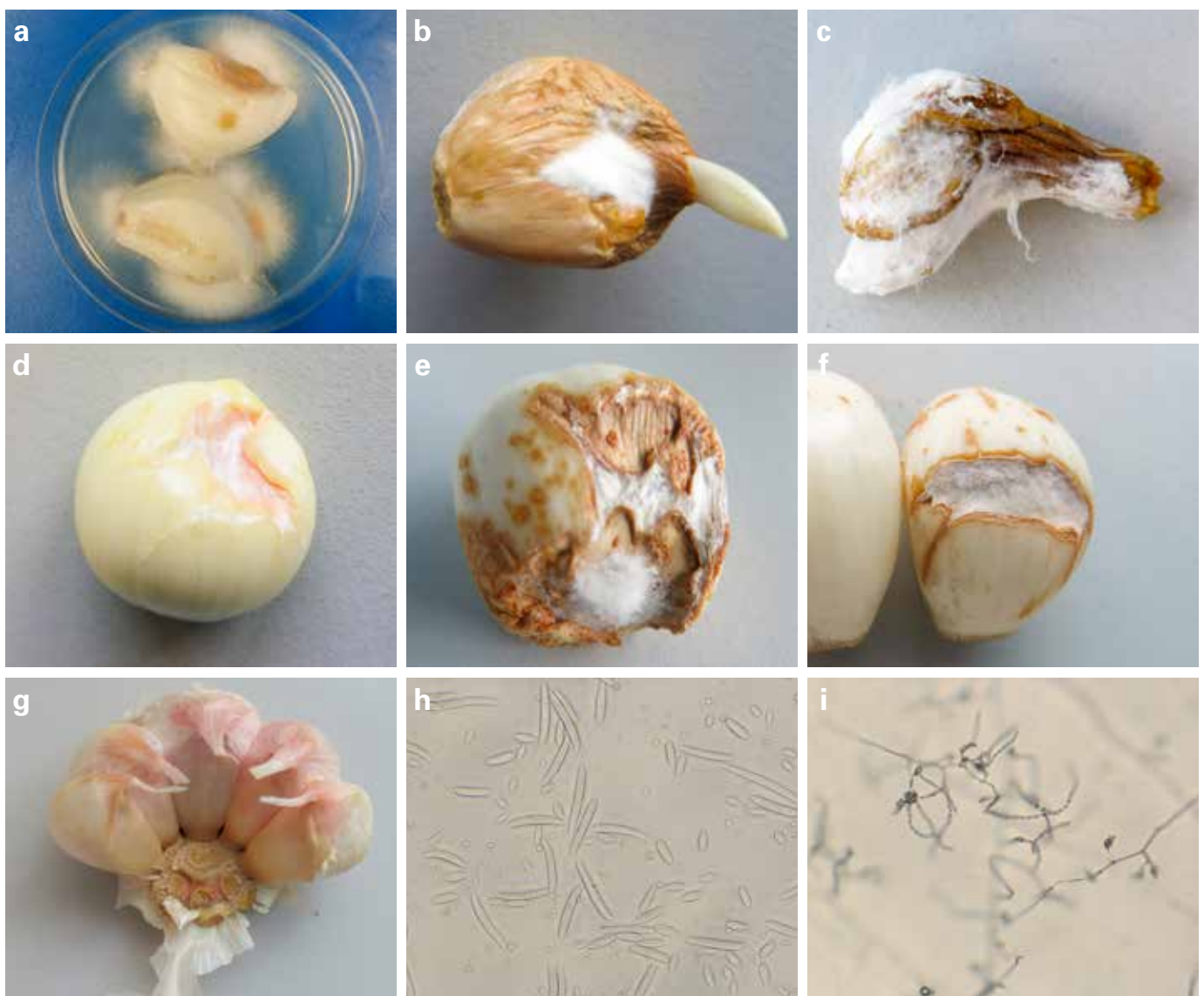


Abb. 31: Symptomatische Zehen mit Myzel von *Fusarium proliferatum* auf Nährmedium (a), vollständig mit *Fusarium proliferatum* befallene Zehe (b), mumifizierte, mit Myzel überzogene Zehen (c). Schadbild nach mechanischen Beschädigungen (d-f). Rosa verfärbte Hüllblätter und Basalplatte deuten auf einen *Fusarium*befall hin (g). Längliche, mehrzellige Makrokonidien (h) und einzellige, ovale Mikrokonidien sind typisch für den Pilz (i) (Fotos: K. Gasser, BOKU).

8.3 Blaufäule, *Penicillium*fäule (*Penicillium hirsutum* syn. *Penicillium alli*, *Penicillium corymbiferum*)

Beschreibung

Ein Befall mit *Penicillium* spp. kann am Pflanzgut, am Feld (Abb. 32) oder erst im Lager auftreten. Sind einzelne Zehen im Pflanzgut befallen, kann der typische blaugrüne Sporenrasen beim Brechen der Zwiebeln auf restliche Pflanzgut verteilt werden. Am Feld äußert sich der Befall durch verminderten Feldaufgang (Abb. 33), schlechte Keimung, von der Spitze ausgehend vergilbende Blätter und geschwächtes Wachstum (Abb. 34 und Abb. 35). Auch an jungen Pflanzen kann das Pathogen das Wachstum schwächen (Abb. 36). Im Lager weisen befallene Knoblauchzehen fahle, wässrige Stellen, meist kombiniert mit einem blaugrünem Sporenlager, auf (Abb. 37). Das befallene Gewebe kann durch intakte Schalen verdeckt bleiben, wird weichfaul und riecht modrig. Das Gewebe kann über einen längeren Lagerzeitraum eintrocknen und Hohlräume in den Knoblauchzwiebeln bilden. Der Erreger ist ein Schwächepathogen, der neben Knoblauch auf vielen weiteren Zwiebelgewächsen, wie z. B. Zwiebeln, Tulpen, Gladiolen, Iris, Krokusse, Narzissen, und anderen Wirtspflanzen nachgewiesen wurde. Neben *Penicillium hirsutum* sind auch noch zahlreiche weitere *Penicillium*-Arten als Verursacher von Blaufäulen an Knoblauch bekannt.

Biologie

Der Pilz überdauert in Knoblauchzehen, entwickelt sich aber auch im Boden auf organischem Material. Die Infektion von pflanzlichem Gewebe erfolgt vor allem durch Wunden, die insbesondere beim Brechen der Zehen für die Pflanzgutvorbereitung entstehen. Ausgehend von den blau-grünen Sporenlagern werden massenhaft Sporen freigesetzt und über die Luft verteilt. Der Pilz keimt an der Oberfläche, durchwächst das Gewebe und bildet erneut Sporen. *Penicillium* entwickelt sich besonders gut bei einer Temperatur zwischen 15-32 °C und einer hohen Feuchtigkeit. Bei Lagertemperaturen zwischen 0-20 °C können sich aber bereits nach spätestens vier Wochen erste Symptome zeigen. Eine Kühllagerung bei -2 °C kann die Symptomentwicklung um drei Wochen zu verzögern.

Regulierung

Eine Regulierung kann nur durch vorbeugende Maßnahmen erfolgen. Eine schonende Ernte trägt dazu bei Wunden am Knoblauch zu vermeiden, aber auch eine geeignete Lagerung mit entsprechender Wahl der Temperatur kann einen Befall vorbeugen. Handelsware sollte möglichst kühl gelagert werden (siehe Kapitel 6.3 Trocknung, Aufbereitung, Lagerung). Pflanzgut sollte schonend zerteilt und danach möglichst rasch gepflanzt werden. In Österreich sind derzeit (2023) keine Fungizide gegen *Penicillium* bei Knoblauch zugelassen. Quellen: [31, 38]



Abb. 32: Maschinell zerteiltes Pflanzgut: Nach 3-4 Tagen zeigt sich *Penicillium*befall an beschädigten Gewebestellen (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 33: Sehr stark befallene Zehen können im Feld absterben (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 34: Geschwächtes Wachstum durch *Penicillium* (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 35: Gesunde Pflanze im Vergleich zu einer durch *Penicillium* geschwächten Pflanze (Foto: S. Steinkellner, BOKU).



Abb. 36: Blau grünes Pilzmyzel deutet auf einen Befall mit *Penicillium* hin (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 37: Im Lager sind häufig nur einzelne Zehen der Zwiebeln mit *Penicillium* befallen (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

8.4 Knoblauchrost (*Puccinia porri*, *Puccinia allii*)

Beschreibung

Ein Anfangsbefall mit dem Knoblauchrost äußert sich durch kleine, einzelne, weißliche Aufhellungen auf den Blättern. Mit fortschreitender Entwicklung verändert sich die Form der Flecken. Sie werden länglicher, färben sich typisch rostbraun und schwellen an, die Epidermis bricht auf. Die rostbraunen Sporenlager (auf der Blattober- und unterseite) sind das typische Erkennungsmerkmal (Abb. 38, Abb. 40). Diese Sporenlager enthalten die sogenannten Uredosporen, die hauptverantwortlich für die Verbreitung im Bestand sind. Gegen Ende der Saison entstehen zudem schwarze Sporenlager mit sogenannten Teleutosporen (Abb. 39, Abb. 40). Stark befallene Blätter vergilben und trocknen schneller ein. Knoblauchrost kommt in verschiedenen Arten vor, die sich in ihrem Wirtspflanzenkreis unterscheiden. Neben Knoblauch, Zwiebel und Schnittlauch können auch Porree, Schalotten oder Elefantknoblauch betroffen sein. Die Krankheit ist in Europa meist nur eingeschränkt ertragsrelevant, da sie eher spät auftritt. Bei Stämmen in den USA sind jedoch Ertragsausfälle von über 80 % dokumentiert.

Biologie

Beim Knoblauchrost handelt es sich um einen Rostpilz-Komplex ohne Wirtswechsel. Der Pilz überdauert in Form von schwarzen Teleutosporen und rostfarbenen Uredosporen auf Pflanzenrückständen. Die Sporen werden mit dem Wind auf die Wirtspflanzen verbreitet. Optimale Bedingungen für die Sporenkeimung sind Temperaturen zwischen 10-15 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von >97 % für mindestens vier Stunden. Die Inkubationszeit beträgt 10-15 Tage. Sobald die Temperaturen unter 10 °C oder über 24 °C erreichen, wird die Keimung des Pilzes gehemmt.

Regulierung

Felder in windoffenen und von anderen Wirtspflanzen entfernten Lagen reduzieren das Risiko für eine Infektion mit dem Knoblauchrost. Ein weiter Pflanzenabstand und eine weite Fruchtfolge sind empfehlenswert. Eine hohe Stickstoffversorgung wirkt befallsfördernd. In abgeernteten Beständen ist es wichtig, die Rote zu fördern. Bei allfälliger Bewässerung des Bestandes sollte das Laub möglichst trocken gehalten werden. Befallene Knoblauchpflanzen sollten nach der Ernte nicht auf dem Feld zurückbleiben. In Österreich sind verschiedenen Fungizide gegen Rostpilze bei Knoblauch zugelassen. Quellen: [31, 39, 40]



Abb. 38: Rostbraune Pusteln (a) mit Uredosporen (b) von *Puccinia* sp. (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ (a); K. Gasser (b)).



Abb. 39: Schwarze Teleutosporenlager werden gegen Saisonsende gebildet (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 40: Teleutosporen (Fotos: K. Gasser, BOKU).



8.5 Mehlkrankheit (*Stromatinia cepivora*, synonym *Sclerotium cepivorum*)

Beschreibung

Die Mehlkrankheit tritt sowohl am Feld als auch im Lager auf. Knoblauchpflanzen können in jedem Entwicklungsstadium von *Stromatinia cepivora* befallen werden. Charakteristische unterirdische Symptome sind ein weißes Myzel, zerstörte Wurzeln (Abb. 41), ein weiches, wässriges Gewebe sowie die Ausbildung mohnsamengroßer, schwarzer Sklerotien auf den Knoblauchzwiebeln (Abb. 42). Erste oberirdische Symptome äußern sich durch Vergilbungen beginnend an der Blattspitze und zur Blattbasis fortschreitend. Oberirdische Symptome treten meist erst auf, wenn der Stamm und die Blattscheiden bereits kolonisiert und teilweise verrotten sind. Der Befall ist oft nesterweise im Feld zu erkennen (Abb. 43). Zu den Wirtspflanzen zählen neben Knoblauch weitere *Allium*-Arten, wie Zwiebel, Lauch und Schnittlauch.

Biologie

Der Pilz bildet runde Sklerotien mit 0,2-1 mm Durchmesser. Für diese Überdauerungsstrukturen sind Überlebensraten von 4-20 Jahren im Boden dokumentiert. Angeregt durch Wurzelabscheidungen der Zwiebelgewächse, keimen die

Sklerotien und bilden ein Pilzgeflecht aus. Die Hyphen dringen in den Knoblauch ein. Durch den Pilz werden die Wurzeln zerstört, die Pflanzen sterben ab. Zum Winter hin werden neue Sklerotien ausgebildet. Eine Bodentemperatur zwischen 9 °C und 21 °C die begünstigt die Keimung und somit die Ausbreitung. Bei Temperaturen unter 6 °C und über 24 °C ist die Keimrate gering.

Regulierung

Als Regulierungsmaßnahme ist die Verwendung von gesundem Pflanzgut von großer Bedeutung. Bestände mit ehemaligem Befall durch *Stromatinia cepivora* sollten für einen erneuten Anbau mehrere Jahre gemieden und die Fruchtfolge weit gehalten werden. Eine Bodenuntersuchung vor der Pflanzung kann Aufschluss über das Vorhandensein von Sklerotien geben. Erkrankte Pflanzen sind meist mit unzähligen Sklerotien besiedelt und sollten daher vom Feld entfernt werden. Hygienemaßnahmen, wie das Entfernen von Ernterückständen, die Säuberung der Maschinen, Geräte und Schuhe tragen zur Regulierung bei. Eine übermäßige Stickstoffdüngung fördert den Befall und sollte daher vermieden werden. In Österreich sind verschiedenen Fungizide gegen die Mehlkrankheit bei Knoblauch zugelassen.

Quellen: [31, 41, 42]



Abb. 41: Eine dünne weißes Myzelschicht am unterirdischen Teil der Zwiebel zusammen mit abgestorbenen Wurzeln deuten auf *Stromatinia cepivora* hin (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 42: Mohnsamengroße, runde schwarze Sklerotien sind ein typisches Merkmal für *Stromatinia cepivora* (Foto: S. Steinkellner, BOKU).



Abb. 43: Eine nesterartige Vergilbung des Bestandes kann ein Hinweis auf einen Befall mit *Stromatinia cepivora* sein (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

8.6 Knoblauchschwärze (*Alternaria embellisia*, synonym *Embellisia allii*)

Beschreibung

Typisch für den Befall mit Knoblauchschwärze sind graue bis schwarze, trockene, unregelmäßige Verfärbungen der äußeren Schalenschichten (Abb. 44 a). Die Verfärbung tritt an der Unterseite der Knoblauchzwiebel meist am stärksten auf. Ebenso kann die Verfärbung zwischen den äußersten Schalenschichten deutlich dunkler sein (Abb. 44 b). Bei den Verfärbungen handelt es sich um die Sporen des Pilzes (Abb. 47). Die Knoblauchpflanzen werden bei Befall in ihrem Wachstum gebremst und die Zehen bleiben kleiner. Zusätzlich kann auch eine Vergilbung der Blätter gegeben sein. Meist ist der Sporenrasen an der oberen Hälfte der Knoblauchzwiebel schwächer und wird zur Basalplatte hin dichter (Abb. 45). Sofern der Befall nicht sehr stark ist, handelt es sich hauptsächlich um ein optisches Problem, das aber die Vermarktbarkeit des Ernteguts einschränken kann.

Biologie

Der Pilz kann in Pflanzenresten, im Boden sowie in und auf erkrankten Zehen überdauern. In feuchten Jahren mit nass-kühler Witterung kommt es vermehrt zum Auftreten dieser Krankheit. Treten diese Bedingungen zur Erntezeit ein, kann der Pilz bis zu den Knoblauchzehen vordringen (Abb. 46). Die Entwicklung des Pilzes ist jedoch bis zu einer Temperatur von 30 °C gut möglich. Die mit Melanin gefärbten Pilzsporen werden in Kettenform gebildet und durch den Wind verbreitet (Abb. 47).

Regulierung

Um ein Auftreten der Knoblauchschwärze im Bestand zu vermeiden, sollte nur gesundes Pflanzgut Verwendung finden. Die Wahl des rechtzeitigen Erntezeitpunktes ist dabei zu beachten. Ebenso wichtig sind ein schnelles Trocknen der geernteten Knoblauchzwiebeln und die Verwendung atmungsaktiver, trockener Verpackungen. Um gute Lebensbedingungen für den Pilz zu verhindern, sollte die Feuchtigkeit im Lager geringgehalten werden. Kranke Knoblauchzwiebeln sollten nicht eingelagert werden, da die Krankheit im Lager von außen nach innen fortschreitet. Bei Befall im Lager sollte der erkrankte Knoblauch möglichst rasch aussortiert werden. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Fungizide gegen die Knoblauchschwärze zugelassen.

Quellen: [31, 43, 44]



Abb. 44: Trockene graue bis schwarze Verfärbungen durch *Alternaria* spp. an der Schalenoberfläche (a) und dichter Sporenrasen zwischen den äußersten Schalenschichten (b) (Fotos: K. Gasser, BOKU).



Abb. 45: Der Sporenrasen von *Alternaria embellisia* ist auf der oberen Hälfte der Knoblauchzwiebel meist schwach und wird zur Basalplatte hin dichter (Fotos: K. Gasser, BOKU).



Abb. 46: Bei nass-kühlen Bedingungen zur Erntezeit kann der Pilz durch die Schalen bis zu den Zehen vordringen (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 47: *Alternaria embellisia*-Sporen werden in Ketten gebildet. Sie sind für die grau-schwarze Verfärbung der Knoblauchschele verantwortlich. (Foto: K. Gasser, BOKU).

8.7 Schwarzfäule (*Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*)

Beschreibung

Pilze der Gattung *Aspergillus* befallen weltweit verschiedenstes Obst und Gemüse. Zum breiten Wirtspflanzenspektrum gehören unter anderem Erbsen, Karotten, Bohnen, Zwiebel, Kartoffel, Tomaten, Pfirsiche und Äpfel. Auf Knoblauch bilden *Aspergillus*-Arten anfangs schwarze Streifen auf den toten, äußeren Schichten; das infizierte Gewebe erscheint wässrig. Außerdem sind weitere schwärzliche Verfärbungen möglich. Ein Befall der frischen Zehen äußert sich durch Vertrocknen und Schrumpfen. Zusätzlich sind schwarze Pilzsporen zwischen den Schalen erkennbar. Pilze der Gattung *Aspergillus* sind ebenso bekannte Mykotoxin-Produzenten.

Biologie

Der Pilz *Aspergillus niger* wächst auf totem Pflanzenmaterial, totem tierischen Material und ist häufig im Boden anzutreffen. Der Erreger gilt als Schwächeparasit. Die Pilzsporen werden häufig über die Luft verbreitet. Eine Infektion der Knoblauchzwiebel erfolgt oft über beschädigtes Gewebe oder Wunden an den Wurzeln sowie an der Basalplatte. Unbeschädigtes Pflanzmaterial wird meist nicht befallen, auf Pflanzgut kann dennoch häufig Sporenmaterial nachgewiesen

werden. Der Pilz bevorzugt hohe Temperaturen. Seine optimale Wachstumstemperatur liegt zwischen 28-34 °C, wobei eine Temperatur von mindestens 17 °C und maximal 47 °C notwendig ist, um überhaupt ein Pilzwachstum zu ermöglichen. Eine Keimung der Sporen von *Aspergillus* erfordert eine relative Luftfeuchtigkeit von über 80 %. Es ist davon auszugehen, dass die Bedeutung von *Aspergillus* im Knoblauchanbau im Zuge des Klimawandels ansteigt.

Regulierung

Die Verwendung von gesundem Pflanzgut ist von besonderer Bedeutung. Geernteter Knoblauch muss kühl und trocken gelagert werden. Verletzungen bei der Ernte, dem Transport und im Lager sollten verhindert werden um einen Befall durch *Aspergillus* entgegenzuwirken. Eine niedrige Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Lager sind hierbei empfehlenswert. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Fungizide zur Bekämpfung der Schwarzfäule an Knoblauch zugelassen.

Quellen: [31, 45]

8.8 Botrytis-Fäule (*Botryotinia porri*, *Botrytis aclada*, *Botrytis cinerea*, u.a.)

Beschreibung

Für *Botrytis* sind zahlreiche Arten beschrieben, wobei *Botryotinia porri* als Haupterreger bei Knoblauch zu nennen ist. Besonders bei feuchter, kühler Witterung kann der Schaden durch *Botryotinia porri* bedeutend sein. Befallene Pflanzen auf dem Feld sind meist im Wuchs gestaut und zeigen absterbende Blätter. Die Infektion beginnt in Bodennähe, das befallene Gewebe wirkt wassergetränkt, trocknet im Anschluss und wird braun. Typisch ist auch die Bildung eines weißen bis grauen, sporulierenden Myzels (Abb. 48). Die schwarzen unförmigen Fruchtkörper des Pilzes (Sklerotien, Abb. 49) können am Halsansatz sichtbar werden. Im Lager ist ein grauer Schimmel auf der Oberfläche der Knoblauchzwiebeln oder zwischen den Zehen und Fäulnis charakteristisch. Sklerotienbildung ist auch auf gelagertem Knoblauch möglich. *Botryotinia porri*, *Botrytis aclada* und *Botrytis alli* treten relativ wirtsspezifisch bei Zwiebelgewächsen auf, während *Botrytis cinerea* an knapp verschiedenen Pflanzenarten, darunter Weinreben sowie viele Gemüse- und Obstkulturen, nachgewiesen wurde.

Biologie

In Form von Sklerotien kann *Botrytis* in der Erde oder auf totem Pflanzenmaterial mehrere Jahre überleben. Feuchtes, kühles Wetter begünstigt die Keimung der Sklerotien. Die dabei entstehenden Fruchtkörper, sogenannte Apothecien, enthalten Ascosporen, die für die Erstinfektion verantwortlich sind. Die Sporenverbreitung erfolgt durch Wind und Niederschlag. Wunden an den Knoblauchzehen und die Basalplatte bieten Eintrittsstellen für den Pilz. Die Samenübertragung von *Botryotinia porri* ist nicht bestätigt, die Übertragung durch das Pflanzgut bildet aber eine wesentliche Verbreitungsmöglichkeit. Bei Lagertemperaturen über 5 °C können sich Läsionen erfolgreich ausbreiten. Feucht-kühle Entwicklungsbedingungen fördern die Krankheitsentwicklung, während trockene und warme Witterungsbedingungen befallshemmend wirken.

Regulierung

Windoffene Lagen eignen sich für den Anbau – sie können ein rasches Abtrocknen der Pflanzen unterstützen. Ein Überdüngen mit Stickstoff sollte unterlassen werden. Verletzungen des Knoblauchs sollten bei der Ernte, dem Transport und im Lager vermieden werden. Die Lagerung des Erntegutes muss

kühl erfolgen, auf niedrige relative Luftfeuchtigkeit sollte ebenso Wert gelegt werden. In Österreich sind derzeit Fungizide nur gegen die sgn. *Botrytis*-Blattflecken zugelassen.

Quellen: [31, 46, 47]

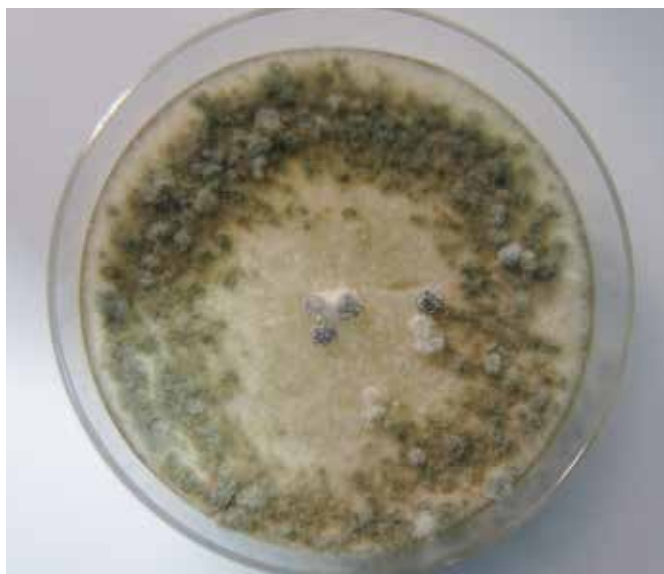


Abb. 48: Grau-weißes Myzel von *Botrytis* (Foto: K. Baumgartner, BOKU).



Abb. 49: Schwarze Sklerotien von *Botrytis* (Foto: K. Baumgartner, BOKU).

8.9 Blatt- oder Samtfleckenkrankheit (*Cladosporium alli-cepae*, *Cladosporium allii-porri*)

Beschreibung

Von der Blatt- und Samtfleckenkrankheit befallene Knoblauchpflanzen weisen elliptische, gelbliche oder graue Läsionen parallel zu den Blattvenen auf. Im Laufe der Zeit verfärben sich diese und werden grün, braun bis schwarz. Die befallenen Blätter können schließlich absterben. Eine Infektion kann in jedem Stadium der Knoblauchpflanze auftreten.

Biologie

Der Erreger der Samtfleckenkrankheit kann im Boden und auf infizierten Pflanzenresten überdauern. Die optimale Keimtemperatur der Pilzsporen (Abb. 50) liegt zwischen 15-20 °C, eine hohe relative Luftfeuchtigkeit von mindestens 80 % ist für die Keimung ebenso notwendig. Alte Pflanzenteile, Blattspitzen und Wunden weisen eine größere Gefahr für eine Infektion auf als junge, gesunde Blätter.

Regulierung

Eine weite Fruchtfolge kann dazu beitragen eine Infektion mit der Blatt- und Samtfleckenkrankheit zu reduzieren. Befallenes Pflanzenmaterial sollte vom Feld entfernt werden. Da besonders tierische Schädlinge für Verletzungen am Knoblauch verantwortlich sein können und diese Eintrittspforten für Pilze sind, sollte das Schädlingsmanagement mitbedacht werden. In Österreich sind verschiedene Fungizide zur Bekämpfung der Blatt- oder Samtfleckenkrankheit an Knoblauch zugelassen. Quelle: [31]



Abb. 50: *Cladosporium*-Sporen unter dem Mikroskop (Foto: K. Baumgartner, BOKU).

8.10 Blattflecken- oder Laubkrankheit (*Stemphylium vesicarium*)

Beschreibung

Zu Beginn zeigt sich ein Befall mit *Stemphylium* durch kleine, weiße Flecken und apikale Nekrosen an der Knoblauchpflanze. Die mehrere Zentimeter großen, ovalen Läsionen können sich braun verfärben und machen einen wasserdurchtränkten Eindruck. Bei raschem Fortschreiten der Infektion wird die Fotosyntheseleistung der Pflanze eingeschränkt und die Knoblauchzwiebeln können im Wachstum zurückbleiben. Neben Knoblauch gelten weitere Zwiebelgewächse, aber auch Birne, Gräser oder Kleearten zu den Wirtspflanzen.

Biologie

Eine Überdauerung des Pilzes ist auf befallenen und in symptomlosen Blättern am und auch im Boden möglich. Die Fruchtkörper von *Stemphylium*, sogenannte Pseudothecien, reifen ab Herbst bis zum Frühjahr auf befallenen Pflanzenresten aus. In der darauffolgenden Saison bilden die Ascosporen des Pilzes eine neue Infektionsquelle. Besonders förderlich für das Pilzwachstum sind Temperaturen zwischen 18-25 °C, eine hohe Luftfeuchtigkeit und Blattnässe. Von Frühjahr bis Herbst verbreitet sich der Pilz mit vegetativen Sporen (Abb. 51).

Regulierung

Der Knoblauchbestand sollte nicht zu dicht sein, um keine optimalen Wachstumsbedingungen für *Stemphylium* zu schaffen. Windoffene Lagen fördern das Abtrocknen des Bestandes. Da der Pilz im Boden überdauern kann, sollte eine weite Fruchtfolge eingehalten werden und potentielle Wirtspflanzen, auch als Zwischenfrucht oder in Nachbarkulturen, mitberücksichtigt werden. Auf hohe Stickstoffgaben sollte verzichtet werden. In Österreich sind verschiedene Fungizide zur Bekämpfung der Blattfleckenkrankheit an Knoblauch zugelassen. Quellen: [48, 49]

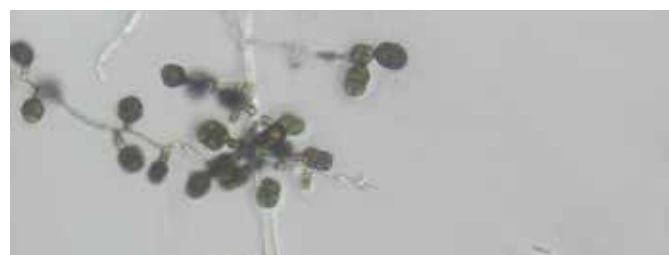


Abb. 51: Dunkel pigmentierte Sporen von *Stemphylium vesicarium* (Foto: K. Gasser, BOKU).

8.11 Purpurflecken (*Alternaria porri*)

Beschreibung

Die ersten Symptome der Purpurflecken sind kleine weiße Flecken auf den älteren Blättern und zum Teil auch auf den Stängeln. Diese breiten sich unter feuchten Bedingungen elliptisch aus und verfärben sich dunkelrot, purpur bis braun (Abb. 52). In den Flecken können konzentrische Ringe erkennbar sein. Bei fortgeschrittenem Befall wachsen die Flecken zusammen und das gesunde Gewebe bis zur Blattspitze stirbt ab. Gegen Ernte sind die Purpurflecken häufig zusammen mit dem Knoblauchrost zu finden (Abb. 53). Neben dem Laub können auch die Zwiebeln, meist am Hals, betroffen sein. Zu den Wirtspflanzen zählen neben Knoblauch weitere *Allium*-Arten, wie Zwiebel, Lauch und Schnittlauch. Aus Indien wurden Ertragsverluste bei Zwiebel von bis zu 97 % berichtet. Neben dem Ertrag schädigt ein Befall mit *Alternaria porri* auch die Qualität des Erntegutes.

Biologie

Der Pilz überdauert auf Pflanzenrückstände im Boden und infiziert neue Pflanzen meist über Wunden und natürlich Öffnungen. Die Sporen gelangen dabei durch den Wind oder Regentropfen auf die Pflanze. Die typischen Purpurflecken sind bereits 1-4 Tage nach der Infektion zu erkennen. Die optimalen Bedingungen für die Infektion sind 25-30 °C und 80-90 % relative Luftfeuchte oder Blattnässe über 16 Stunden. Das Blattgewebe wird im Zuge der Symptomausbreitung durch phytotoxische Stoffe abgetötet. In befallene Blätter wurde ein reduzierter Gehalt an Proteinen, Ballaststoffen, Asche und ein erhöhter Gehalt an Kohlenhydrate festgestellt. Durch die Ausbreitung im Laub verzögert der Pilz die Reife der Knoblauchzwiebel. Auf den purpurfarbenen Flecken bildet der Pilz neue Sporen, die durch den Wind weiterverbreitet werden.

Regulierung

Um feuchtes Mikroklima zwischen den Pflanzen zu vermeiden, sollte der Bestand nicht zu dicht angelegt werden. Windoffene Lagen fördern zudem das Abtrocknen des Bestandes. Das Einarbeiten von Ernterückständen reduziert ebenso das Inokulum. Es sollte eine weite Fruchtfolge zu *Allium*-Gewächsen gehalten werden. In Österreich sind verschiedene Fungizide zur Bekämpfung der Purpurflecken an Knoblauch zugelassen.

Quelle: [50]



Abb. 52: Purpurflecken von *Alternaria porri* mit abgestorbener Blattspitze (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 53: Mischinfektion mit Purpurflecken und Knoblauchrost (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Foto: J. Keferböck, LKNÖ



9. BAKTERIELLE ERKRANKUNGEN

9.1 Café au Lait-Krankheit (*Pseudomonas salomonii*)

Beschreibung

Der Befall mit der Café au lait-Krankheit in Knoblauchkulturen zeigt sich durch Blattscheiden mit ovalen Läsionen in der Mitte. Diese werden weiß und trocknen wie Papier aus. Bei hoher Luftfeuchtigkeit kann sich der Schaden rasch ausweiten. Auf den Blättern entstehen chlorotische Streifen, auf der Blattspreite und dem Stängel werden braune Verfärbungen sichtbar (Abb. 54). In der Folge vergilben die Blätter und einzelne Blätter vertrocknen. Der Befall kann sich zur Basis hin ausweiten und zur Fäulnis der gesamten Pflanze führen. An der Knoblauchzwiebel sind häufig wässrige braune Deck- und Hüllblätter zu beobachten. Auf den äußersten und innersten Schalen ist meist keine Verfärbung zu erkennen. Erst nach dem

Entfernen der oberen Schichten wird der Schaden sichtbar (Abb. 55). Handelt es sich um eine geringfügige Beschädigung, kann diese Braunverfärbung durch den Trocknungsprozess gestoppt werden. Die Zwiebel ist durch die Braunfärbung der Schalen optisch beeinträchtigt, die Zehen können aber ohne Einschränkung verwendet werden. Starker Befall in Verbindung mit schlechter Trocknung führt auch zur Fäulnis der Zehen.

Biologie

Die Krankheit wird durch das Bakterium *Pseudomonas salomonii* verursacht. Das Bakterium kann mehrere Monate an befallenen (Hüll-)Blättern und auf Ernterückständen, die auf dem Feld geblieben sind, überdauern. Befallene Zehen können als Pflanzgut zur Neuinfektion beitragen. Dieses Bakterium ist im Boden sehr mobil. Bei guter Wasserversorgung



Abb. 54: Streifenförmige chlorotische Verfärbungen der Café au Lait-Krankheit (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

kann es sich leicht über den ganzen Bestand ausbreiten. *Pseudomonas salomonii* dringt unter diesen Bedingungen leicht in die Pflanze ein. Obwohl eine Infektion auch über die Blätter erfolgen kann, ist der bevorzugte Infektionsweg über die Wurzel. Getreide in der Fruchtfolge begünstigt das Überleben des Bakteriums im Boden. Mildes und feuchtes Frühjahrsklima mit starken Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht fördern die Ausbreitung. Zudem wirken sich heftige Niederschlagsereignisse während der Kulturzeit fördernd auf den Krankheitsverlauf aus. Klimastress gilt als förderlich für die Ausbreitung, auch frühzeitiger Anbau treibt die Krankheit am Feld voran. Es gibt Hinweise, dass das Vorhandensein von Nematoden, wie *Ditylenchus dipsaci*, das Eindringen von Bakterien begünstigt.

Regulierung

Es gibt in der Praxis kaum zufriedenstellende Bekämpfungsmöglichkeiten. Generell begünstigen alle Stressfaktoren den Krankheitsverlauf und sollten deshalb vermieden werden. Frühjahrssorten und Stängeltypen gelten als weniger anfällig. Frühzeitige Pflanztermine fördern die Ausprägung der Symptome. Da eine Übertragung durch das Pflanzgut erfolgen kann, sollte jedenfalls befallsfreies Pflanzgut verwendet werden, kein Anbau auf einem nassen schweren Boden erfolgen und eine weite Fruchtfolge mit geringem Getreideanteil eingehalten werden. Befallsreduzierend wirkt eine Unterbodenlockerung vor dem Anbau und eine lockernde Bodenbearbeitung. Die Stickstoffdüngung soll umsichtig erfolgen, jedenfalls 120 kg/ha nicht übersteigen. Eine Bestrahlung des Pflanzgutes vor der Aussaat kann den Erreger zurückdrängen. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Bakterizide gegen die Café au Lait-Krankheit zugelassen.

Quelle: [51]



Abb. 55: Wässrige, braun verfärbte mittlere Schalen zum Erntezeitpunkt (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).



10. VIRUSERKRANKUNGEN

10.1 Knoblauchmosaik-Viren (*Garlic mosaic virus-Komplex, GarMV*)

Beschreibung

Virussympptome an Knoblauch können durch verschiedene Viren, darunter das Onion Yellow Dwarf Virus (OYDV), das Leek Yellow Stripe Virus (LYSV), das Garlic Common Latent Virus (GCLV), das Shallot Latent Virus (SLV), sowie die zu den Allexiviren zählenden Knoblauchviren A, B, C, D, E und X ausgelöst werden. In Knoblauchbeständen betrifft der Befall durchschnittlich 40-70 % aller Pflanzen. Symptome äußern sich durch Mosaiksymptome und Missbildungen der Blätter, chlorotische Streifen, verringerte Knollengewichte und kleinere Zehen durch Verlust der Assimilationsfläche und vorzeitiges Absterben (Abb. 56).

Biologie

Während das Onion Yellow Dwarf Virus (OYDV), das Leek Yellow Stripe Virus (LYSV), das Garlic Common Latent Virus über Blattläuse übertragen wird, erfolgt die Übertragung von Allexiviren durch die Knoblauchgallmilbe. Pflanzgut stellt eine wesentliche Infektionsquelle für Knoblauchviren dar.

Regulierung

Virusinfektionen können nur durch vorbeugende Maßnahmen reguliert werden. Dazu zählt v.a. gesundes, virusfreies Pflanzgut. Der Herstellung von virusfreien Ausgangspflanzern erfolgt durch Meristemkultur, z.T. kombiniert mit Thermo- oder Chemotherapie. Diese Virusfreimachung schützt nicht vor Neuinfektionen. Auch durch Vermehrung über Brutzwiebeln können keine virusfreien Bestände geschaffen werden. Quelle: [52]



Abb. 56: Chlorotische Verfärbungen durch Knoblauchmosaikviren (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).



Foto: S. Steinkellner, BOKU

11. TIERISCHE SCHÄDLINGE



11.1 Knoblauchfliege (*Suillia lurida*)

Beschreibung

Die 9,5 mm große, rötlichbraune Knoblauchfliege zählt in Österreich zu den wichtigsten Knoblauchschildlingen. Der erste Befall wird oft übersehen, da die Larven anfangs nur die innersten Blätter schädigen (Abb. 59). Ab April/Mai können schließlich zerfressene Knoblauchblätter und Fliegenmaden im Spross entdeckt werden (Abb. 58). Das Schadbild umfasst zurückgebliebene Pflanzen, verkrümmte und ausgefranste Blätter, sowie komplett geschädigte Pflanzen. Die Larven der Knoblauchfliege ernähren sich vorwiegend von Winterknoblauch, andere Lauchgewächse, wie Zwiebel und Lauch, können aber auch befallen werden. Frühjahrsknoblauch bleibt weitgehend verschont.

Biologie

Die Knoblauchfliege wandert bereits im zeitigen Frühjahr bei Temperaturen ab 12 °C um die Mittagszeit in die Knoblauchfelder ein. Ab diesem Zeitpunkt werden die 1,2 mm großen, weißen Eier an der Stammbasis oder in der Erde rund um die Knoblauchpflanze abgelegt (Abb. 57). Meist ist in ersten Aprilhälfte die stärkste Eiablage festzustellen. Dabei ist gut überwinteter und kräftiger Knoblauch besonders attraktiv für die Fliegen. Die Larven schlüpfen, bohren sich in den Trieb ein und fressen an den jungen Blättern (Abb. 59). Nach drei Larvenstadien wandern sie im Mai zur Verpuppung in die Erde ab. Schon Anfang Juni schlüpfen die ersten Fliegen. Der Schädling überwintert im Fliegenstadium, der Überwinterungsort ist unklar.

Regulierung

Die Knoblauchfliege schädigt Knoblauch aus dem Herbstanbau, nicht jedoch aus dem Frühjahrsanbau. Um einen Befall des Knoblauchs durch die Knoblauchfliege vorzubeugen, können neben einer weiten Fruchtfolge die Kulturen bereits ab den ersten warmen Frühlingstagen bis Ende April mit engmaschigen Kulturschutznetzen oder Vlies abgedeckt werden. Bei Stängeltypen ist mit einem geringeren Befall zu rechnen. Zum Zeitpunkt der Eiablage wäre grundsätzlich eine Insektizidbehandlung möglich, bei kühlen Temperaturen ist aber von einer geringeren Wirksamkeit auszugehen. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Insektizide gegen die Knoblauchfliege zugelassen. Quelle: [53]



Abb. 57: Weiße Eier der Knoblauchfliege an der Stammbasis (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 58: Fraßschäden der Knoblauchfliege an den inneren Blättern (Fotos: J.Keferböck, LKNÖ (a); S. Steinkellner, BOKU (b)).



Abb. 59: Larven der Knoblauchfliege beim Fraß an den inneren Blättern (Foto: S. Steinkellner, BOKU).

11.2 Lauchminierfliege (*Phytomyza gymnostoma*)

Beschreibung

Die 4-5 mm große, graue Lauchminierfliege ist an verschiedenen Lauchgewächsen zu finden. Im Frühling schädigt die Lauchminierfliege Knoblauch sowie Schnittlauch und reduziert den Ertrag. Im Winter schädigt sie Schnittlauch und Lauch. Ein typisches Schadbild an Knoblauch sind Bohrpunkte, an denen sich die Blattoberhaut des Knoblauchs abhebt. Ebenso charakteristisch ist das Aufplatzen entlang von Fraßgängen. Das durch die Lauchminierfliege geschädigte Pflanzengewebe ist auch anfälliger für Bakterien- und Pilzkrankheiten.

Biologie

Die Lauchminierfliege überwintert als Puppe an der Pflanzenbasis. Die Fliegen der ersten Generation schlüpfen im April und im Mai. Die Eiablage erfolgt an der Wirtspflanze mit Hilfe eines Legebohrers im oberen Teil der Blätter. Das Einstechen kann auch

lediglich zur Aufnahme von Pflanzensaft dienen. Die Larven fressen nach dem Schlüpfen im Blatt und bilden Fraßgänge; sogenannte Minen, die gut zu sehen sind. Sie verpuppen sich in 3-4 mm langen Tönnchenpuppen an der Stammbasis (Abb. 60). Ab August schlüpfen die Lauchminierfliegen der Herbstgeneration. Wirtspflanzen müssen sowohl für die Sommer- als auch für die Herbstgeneration vorhanden sein.

Regulierung

Zur Flugzeit der Lauchminierfliege können die Kulturen mit Vlies oder engmaschigen Netzen abgedeckt werden. Knoblauch und Lauch sollten in größerer Entfernung zu Dauerkulturen und Wirtspflanzen wie Schnittlauch angebaut werden. Eine chemische Behandlung sollte bereits sehr zeitig bei Sichtbarwerden der ersten Bohrpunkte und Minen erfolgen. Grundsätzlich kann eine Bekämpfung nur erfolgreich sein, solange sich die Lauchminierfliegen noch an den oberen Blattteilen befinden. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Insektizide gegen die Lauchminierfliege zugelassen.

Quellen: [31, 53]



Abb. 60: Rote Tönnchenpuppen der Lauchminierfliege an Knoblauch (Fotos: J. Keferböck (a), LKNÖ; F. Schierano, BOKU (b)).

11.3 Thripse (*Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*)

Beschreibung

Die etwa 1-1,5 mm langen Thripse variieren je nach Temperatur und Jahreszeit in der Farbe zwischen hellgelb bis dunkelbraun. Larven (Abb. 61) und auch Erwachsene (Abb. 62) saugen an den Blättern vieler Gemüsekulturen und erzeugen den typischen weißen bis silbrigen Glanz. Kotpunkte, in der Nähe von Befallsstellen, ergänzen das Schadbild. Thripse können Pflanzenviren übertragen und dadurch das Wachstum der Knoblauchzwiebel und Fotosyntheseleistung beeinträchtigen. Besonders warme, trockene Witterung fördert das Auftreten dieses Schädlings. Da das Laub bei Knoblauch nicht vermarktet wird, wird Schäden durch Thripse bei Knoblauch nur vereinzelt Aufmerksamkeit geschenkt.

Biologie

Thripse überwintern in Pflanzenresten und im Boden. Sie können durch Wind über weite Strecken vertragen werden. Im Frühling stechen Weibchen mit Hilfe eines Legebohrers die Blätter des Knoblauchs an und legen durchsichtige Eier ins Gewebe ab. Nach ca. einer Woche findet der Larvenschlupf statt. Die Larven wandern anschließend zu geschützten Pflanzenteilen wie Spalträumen oder an die Blattunterseite. Zur Verpuppung wandern sie in die Erde ab. Je nach Witterung sind mehrere Generationen pro Jahr möglich.

Regulierung

Das Einhalten einer weiten Fruchtfolge, tiefe Bodenbearbeitung, der Anbau von Untersaaten und frühzeitiges Setzen/Säen, können das Auftreten eines Schadens reduzieren. Der zeitige Einsatz von feinmaschigen Kulturschutznetzen wird empfohlen. Die Befallsüberwachung kann mit gelben und blauen Klebtafeln erfolgen. Das Fördern natürlicher Gegenspieler wie Raubmilben, Florfliegen und Raubwanzen ist von Vorteil. In Österreich sind derzeit einige Insektizide und auch Nützlinge gegen Thripsbefall am Knoblauch zugelassen.

Quellen: [53, 54]



Abb. 61: Thripslarven saugen nach dem Schlupf aus Blattzellen (Foto: L. Weissengruber, BOKU).



Abb. 62: Adulte Thripse (Fotos: L. Weissengruber, BOKU).

11.4 Lauchmotte (*Acrolepiopsis assectella*)

Beschreibung

Der graubraune Falter der Lauchmotte wird ca. 7 mm groß. Die Flügel haben eine Spannweite von bis zu 16 mm und besitzen einen typischen weißen Fleck. Die Lauchmotte schädigt von Mai bis in den Herbst vor allem an Zwiebelgewächsen. Durch den Fenster- und Minierfraß der Larven entstehen braune Flecken. Die jungen, noch gefalteten Blätter des Knoblauchs sind am Rand angefressen und Kotpunkte sind zu finden (Abb. 63). Meist sterben die Herzblätter der Pflanze ab. Der größte Schaden entsteht erst durch die zweite Generation der Larven.

Biologie

Bereits im zeitigen Frühling kommen die nachtaktiven Falter der Lauchmotte aus den Überwinterungsquartieren. Bis zu 100 Eier werden von den Weibchen einzeln an die Basis der Wirtspflanze abgelegt. Fünf bis acht Tage später schlüpfen die

Raupen, beginnen ihre Fraßtätigkeit an den äußeren Blättern und dringen weiter zu den inneren Blättern vor. Nach dem Durchlaufen von fünf Larvenstadien erfolgt die Verpuppung in einem selbst gesponnenen Kokon, meist im abgestorbenen Pflanzengewebe. Normalerweise treten in Österreich zwei bis drei Generationen pro Jahr auf. Die Hauptflugzeit des Schmetterlings ist Mitte Juni bis August.

Regulierung

Das Auslegen von Kulturschutznetzen direkt nach der Pflanzung kann zur Schadensminimierung beitragen. Eine Befallsüberwachung mittels Pheromonfallen wäre möglich. Die Förderung natürlicher Gegenspieler, wie Schlupfwespen, trägt ebenso zur Befallsregulierung bei. In Österreich sind derzeit einige Insektizide gegen die Lauchmotte an Knoblauch zugelassen. Ab dem Schlüpfen der ersten Larven können Pflanzenschutzmittel auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* eingesetzt werden.

Quellen: [53, 55]



Abb. 63: Lauchmottenlarve mit Fraßstellen und Kotpunkten (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

11.5 Zwiebelhähnchen (*Lilioceris merdiger*)

Beschreibung

Das Zwiebelhähnchen schädigt Zwiebel, Knoblauch, Porree, Schnittlauch und verschiedene Zierlauche. Der Hauptschaden des Zwiebelhähnchens wird durch den Fraß der Larven verursacht, aber auch die adulten Tiere können Lochfraß verursachen. Die adulten Käfer sind durch ihre rote Färbung der Flügeldecken, des Kopfes und der Beine sehr auffällig (Abb. 64). Der Schädling kommt vorwiegend auf Zwiebel vor, wird aber auch häufiger in Knoblauch gesichtet. Die braungelben, mit grau-grünen Exkrementen bedeckten Larven (Abb. 66) schädigen anfangs vorwiegend im Bereich der Blattspitzen, später verursachen sie auch unregelmäßige Löcher in tiefer liegenden Blattregionen. Eine Verwechslung mit dem nahe verwandten Lilienhähnchen ist möglich. Dieses zeichnet sich aber durch schwarze Beine aus und schädigt vor allem Zierpflanzen, wie Lilien und Kaiserkronen.

Biologie

Der Käfer überwintert in Ernterückständen. Jedes Weibchen legt zwischen Ende April und Anfang Mai ca. 250 (2-11 Stück/Blatt) 1-1,5 mm große rote Eier ab (Abb. 65). Temperaturen zw. 18-24 °C, trockenes und sonniges Wetter kommt der Entwicklung des Schädlings entgegen. Die Eier sind anfangs tief orange und werden mit zunehmendem Alter dunkler. Nach dem Schlupf fressen die Larven rund um das Eigelege an den Pflanzen. Die Larven sammeln ihren Kot zur Verteidigung gegen Fressfeinde auf dem Rücken, wodurch das schleimige Erscheinungsbild entsteht. Einzelne Pflanzen können dadurch den Fraß stark geschädigt werden. Nach der Verpuppung im Boden schlüpfen Ende Juli die Jungkäfer, die vorerst noch knapp 3 Wochen im Boden verbleiben, bevor sie neue Wirtspflanzen aufsuchen.

Regulierung

Die Abdeckung des Bestandes mit Vlies und das Absammeln der Käfer und der Larven trägt zur Regulierung bei. Derzeit (2023) ist in Österreich ein Insektizide aus der Gruppe der Pyrethroide gegen Zwiebelhähnchen (Beißende Insekten) zugelassen.

Quelle: [56]



Abb. 64: Adultes Zwiebelhähnchen auf Knoblauch (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 65: Eigelege des Zwiebelhähnchens (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).



Abb. 66: Schleimige Larven des Zwiebelhähnchens (Foto: J. Keferböck, LKNÖ).

11.6 Knoblauchgallmilbe (*Aceria tulipae*)

Beschreibung

Aceria tulipae ist eine hell gefärbte, nur bis zu 0,3 mm lange Gallmilbenart (Abb. 67), die mit freiem Auge nicht zu erkennen ist (Abb. 68). Die Milben verursachen bereits am Feld Saugschäden an den Blättern der Pflanzen, erkennbar durch Vergilben und Verdrehen der Blätter. Der weitaus größere Schaden entsteht jedoch erst im Lager. Die Milben stechen das Pflanzengewebe oberflächlich an und saugen es aus (Abb. 69). Befallene Zehen wirken an der Oberfläche matt, trocken und verbräunt. Es werden keine Gallen gebildet. Neben den direkten Saugschäden ist *Aceria tulipae* ein Vektor von Viren und begünstigt Schadpilze. Das Wirtsspektrum dieser Gallmilbenart umfasst neben Knoblauch und Tulpen weitere Liliengewächse.

Biologie

Die optimalen Entwicklungsbedingungen dieser Milbenart liegen bei 25 °C und 80 – 95 % relative Luftfeuchtigkeit. Ein Weibchen legt bis zu 25 Eier, bei günstigen Umweltbedingungen schlüpfen die Larven bereits nach zwei Tagen. Bis zum adulten Tier vergehen 8- 10 Tage. Eine Vermehrung findet bereits im Feld statt. Im Lager kann bei zu warmer Lagerung eine rasche Massenvermehrung erfolgen. Eine Überwinterung im Freiland ist sehr wahrscheinlich, als Hauptinfektionsquelle gilt aber befallenes Pflanzgut.

Regulierung

Die Milben können lange auf verschiedenen Pflanzenreste überdauern, daher ist auf gute Feldhygiene zu achten. Das Erntegut sollte kühl und trocken gelagert werden, um die Vermehrung der Milben weitgehend zu unterbinden. Die Verwendung von befallsfreiem und geprüften Pflanzgut ist ausschlaggebend. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Akarizide gegen die Knoblauchgallmilbe zugelassen.

Quellen: [57–60]



Abb. 67: Hellgelb gefärbte Gallmilbe auf Knoblauch (Foto: L. Weissengruber, BOKU).



Abb. 68: Gallmilbe unter dem Mikroskop (Foto: J. Lebesmühlbacher, BOKU).



Abb. 69: Saugschaden der Gallmilbe an gelagertem Knoblauch (Foto: J. Lebesmühlbacher, BOKU).

11.7 Wurzelmilbe (*Rhizoglyphus* spp.)

Beschreibung

Wurzelmilben der Gattung *Rhizoglyphus* befallen hauptsächlich Liliengewächse, kommen aber auch auf anderen Kulturen vor. Ein leichter Befall ist meist symptomlos. Ein starker Befall zeigt oft durch eine schlechte Keimung, verringertes Wachstum, sowie gelbliche und deformierte Blätter. Befallene Pflanzen lassen sich leicht aus dem Boden ziehen. Nach der Ernte wandern die Milben in die Knoblauchzwiebel. Eingefallene, hell bis dunkelbraune Punkte auf den Knoblauchzehen weisen auf einen Befall hin (Abb. 70).

Biologie

Wurzelmilben sind meist am Wurzelansatz zu finden (Abb. 71). Sie sind 0,5-1 mm lang, haben einen gelblich, weißen, kugelförmigen, mit feinen Haaren bestückten Körper. Pro Weibchen können 400 Eier über einen Zeitraum von einem Monat abgelegt werden. Die Entwicklung vom Ei über ein Larvenstadium und drei Nymphenstadien zum adulten Tier erfolgt bei einer Optimaltemperatur von 27 °C in 12 Tagen. Die Milben sind kaum mobil, nur das zweite Nymphenstadium kann (durch Anheften an Arthropoden) über weitere Strecken transportiert werden. Die Hauptinfektionsquelle ist bereits befallenes Pflanzgut.

Regulierung

Es gibt derzeit kaum Möglichkeiten zur Bekämpfung dieser Milben. Gesundes Pflanzgut und gute Feldhygiene sind ein wichtiger Faktor für eine gute Bestandesentwicklung. Eine rasche Trocknung nach der Ernte kann den Befall vermindern. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Akarizide gegen die Wurzelmilbe zugelassen.

Quelle: [56]



Abb. 70: Eingefallene, hell bis dunkelbraune Punkte auf den Knoblauchzehen deuten auf einen Befall mit Wurzelmilben hin (Foto: J. Lebesmühlbacher, BOKU).



Abb. 71: Schäden am Wurzelansatz von gelagertem Knoblauch durch die Wurzelmilbe (Fotos: J. Lebesmühlbacher, BOKU).

11.8 Wurzelläsionsnematoden (*Pratylenchus penetrans*)

Beschreibung

Pratylenchus penetrans ist ein Schadorganismus mit einem sehr weiten Wirtsspektrum. Es umfasst viele Gartenbau- und Ackerkulturen, Obstbäume und Unkräuter. Gefährdet sind vor allem sandige Böden und Flächen mit engen Gemüsefruchtfolgen mit Karotte, Sellerie oder Zwiebel. Typische Symptome treten nesterweise im Bestand auf. Die Nematoden wandern in die Wurzeln ein und schädigen die Pflanze durch Anstechen und anschließendes Aussaugen der Wurzelzellen. Die Blätter vergilben und welken, die Wurzeln sind meist schlecht ausgebildet. Die Pflanzen entwickeln sich schlecht oder sterben ab. Durch Nematoden geschädigtes Gewebe dient häufig als Eintrittsstelle für weitere Pathogene und Schädlinge (Abb. 72).

Biologie

Diese Nematoden dringen in Pflanzenwurzeln ein und wandern anschließend durch das Wurzelgewebe. Die Vermehrung findet geschlechtlich statt. Durchschnittlich werden ein bis zwei Eier pro Tag in den Wurzeln der Wirtspflanze abgelegt. In Abhängigkeit von Bodentemperatur und Wirtspflanze dauert die Entwicklung vom Ei zum erwachsenen Tier 30 - 86 Tage. Wurzelläsionsnematoden können Trockenperioden in dehydrierter Form oder als Eier in der Wurzel oder im Boden überleben.

Regulierung

Vorbeugend ist die Verwendung von zertifiziertem Pflanzgut und Unkrautregulierung von Bedeutung. Rotklee, Roggen, Kichererbsen und Lupinen als Vorfrucht sind befallsfördernd. Zu den widerstandsfähigen Pflanzen zählen Ringelblume, Sorghum, Sudan-gras oder Futterperlhirse. Der Anbau von Tagetes und Ölrettich wirkt befallsreduzierend. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Nematizide gegen die Wurzelläsionsnematoden zugelassen.

Quellen: [64, 65]



Abb. 72: Wurzeln (a) und Fäule der Basalplatte (b) durch die Wurzelläsionsnematode (Foto: J. Lebesmühlbacher, BOKU (a); F. Schierano, BOKU (b)).

11.9 Stängelnematode, Stängelälchen (*Ditylenchus dipsaci*)

Beschreibung

Zum Wirtsspektrum von *Ditylenchus dipsaci* gehören über 500 Pflanzenarten, darunter einige Unkräuter und Kulturen wie die Lauchgewächse, Rüben, Leguminosen oder Karotten. Befallenes Gewebe schwillt an, das Wachstum oberirdischer Pflanzenteile wirkt gestaucht und deformiert. An der Pflanzenbasis finden sich Anschwellungen und Verdickungen. Der Schaden tritt nestartig im Bestand auf. Die Zwiebel wirkt anfangs mehlig, wird nekrotisch, gefolgt von Fäulnis (Abb. 73). Nematodenschäden werden häufig von sekundären Infektionen durch Pilze und Bakterien begleitet.

Biologie

Ditylenchus dipsaci (Abb. 74) überdauert in einem Ruhestadium in infiziertem Knoblauch, in Pflanzenrückständen oder im Boden. Bei feuchter Witterung und Temperaturen über 5°C werden sie aktiv und wandern in die Wirtspflanzen ein. *Ditylenchus dipsaci* lebt endoparasitisch im parenchymatischen Gewebe. Nach der Entwicklung zum adulten Tier legen die Weibchen 200-500 Eier. Die Entwicklung erfolgt über vier Larvenstadien, wobei das vierte Larvenstadium in den Boden auswandert, unter feuchten Bedingungen neue Pflanzen infiziert oder im Boden überdauert. Bis zu 5 Generationen pro Vegetationsperiode sind möglich. Stängelälchen wandern aktiv von Pflanze zu Pflanze. Allerdings muss dabei ein Wasserfilm auf den Pflanzen vorhanden sein.

Regulierung

Die wichtigsten Gegenmaßnahmen sind die Einhaltung einer weiten Fruchtfolge sowie eine konsequente Unkrautbekämpfung sowie die Verwendung von nematodenfreiem Pflanzgut. Derzeit (2023) sind in Österreich keine Nematizide für den Knoblauchanbau zugelassen.

Quellen: [65–67]



Abb. 73: Anschwellen der Zwiebel (a) und in Kombination mit Fäule der Basalplatte (b) durch die Stängelnematode (Fotos: K. Gasser, BOKU).



Abb. 74: Pflanzenpathogene Nematode der Gattung *Ditylenchus* (Foto: K. Wieczorek, BOKU).



Foto: J. Keferböck, LKNO

12. ABIOTISCHE SCHÄDEN UND BEGLEITERSCH EINUNGEN

12.1 Waxy breakdown

Beschreibung

Waxy breakdown ist eine physiologische Störung, die meist 25 Tage bis 6 Wochen nach der Ernte auftritt. Der Schaden wird durch das symptomlose Hüllblatt und die Schalen verdeckt. An den Zehen äußern sich die ersten Symptome durch kleine, hellgelbe, leicht eingesunkene Stellen. Die gesamte Zehe verfärbt sich mit der Zeit glasig gelb bis bernsteinfarben mit gummiartiger zum Teil auch klebriger Konsistenz (Abb. 75). Meist sind einzelne Zehen, nur sehr selten die ganze Knoblauchzwiebel betroffen (Abb. 77).

Die genaue Ursache ist noch nicht bekannt. Als Ursachen wird ein schubweises Wachstum infolge unregelmäßiger Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit vermutet. Auch eine frühe Ernte und Temperaturen

um 20-24 °C gelten als förderlich. Starke Sonneneinstrahlung nach der Ernte, ein niedriger Sauerstoffgehalt und schlechte Belüftung während der Lagerung werden ebenfalls als förderlich angesehen. Die Störung tritt bei weißen Sorten häufiger auf.

Regulierung

Knapp vor der Ernteperiode sollte keine Bewässerung erfolgen. Da Sonnenschäden die physiologische Störung begünstigen, sollten die Knoblauchzwiebeln nach der Ernte vor übermäßiger Sonneneinstrahlung geschützt werden. Eine Trocknung bei 34-36 °C reduziert das Auftreten von Waxy breakdown im Lager. Eine gute Durchlüftung während der Trocknung und Lagerung trägt zur Vermeidung der Symptombildung bei.

Quellen: [31, 68, 69]



Abb. 75: Zehen mit Waxy breakdown (Fotos: F. Schierano, BOKU).



Abb. 76: Zehen mit Waxy breakdown neben gesunden Zehen derselben Zwiebel (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 77: Glasig gelb bis bernsteinfarbene Zehen mit Waxy breakdown (Foto: S. Steinkellner, BOKU).

12.2 Besenwuchs

Beschreibung

Der Besenwuchs an Knoblauch äußert sich durch vermehrtes/verstärktes Austreiben von Sprossen. Der Pseudostamm einer Pflanze wächst in einer Art Büschel mit mehreren kleinen Laubblättern aus. Dieses Phänomen ist ab Anfang Juni zu beobachten. Die genaue Ursache dafür ist nicht geklärt. In der Literatur werden zu kurze Tageslängen, zu tiefe Temperaturen, oder rasche Temperaturwechsel in der Phase der Seitenknospenbildung (Differenzierung der Zehen) genannt. Anstelle der Bildung von Nieder- und

Speicherblätter (Zehen) treiben die Seitenknospen als Laubblätter aus. Die Zwiebeln entwickeln sich in der Folge unförmig. Im Allgemeinen ist dieses Symptom jedoch nicht sortenspezifisch, es kann jedoch verstärkt auftreten, wenn eine Sorte klimatisch nicht in die Anbauregion passt.

Regulierung

Die Ursache ist nicht geklärt und daher sind verlässliche Gegenmaßnahmen unklar. Um das Pflanzgut vor Temperaturstürzen besser zu schützen, sollte auf eine ausreichende Erdbedeckung geachtet werden. Quellen: [10, 20]



Abb. 78: Ausbildung von neuen Laubblättern aus den nicht vollständig entwickelten Zehen (Fotos: J. Lebesmühlbacher, BOKU (a); J. Keferböck, LKNÖ (b)).



Abb. 79: verstärktes Sprossbildung der Zehen zur Ernte (Fotos: J. Keferböck, LKNÖ).

12.3 Mechanische Beschädigungen bei der Ernte

Beschreibung

Mechanische Beschädigungen durch den Ernteprozess sind an den frischen Zwiebeln häufig nicht erkennbar. Die Schalen über den Zehen sind widerstandsfähiger gegen mechanische Belastung als die darunterliegenden Zehen. Die noch feuchten Schalen federn einen Teil der Belastung ab, verdecken aber auch viele Beschädigungen der Zehen (Abb. 80). Die Beschädigungen erscheinen vor der Trocknung wie unscheinbare Risse in den Zehen. Auch nach der Trocknung bleiben die meisten Beschädigungen der Zehen unter den Schalen visuell meist unerkannt (Abb. 81). Beschädigte Zehen unter intakten Schalenlagen erhöhen die Feuchtigkeit in der Zwiebel und erschweren

das Abtrocknen der Schalen. Nach der Trocknung sind die Beschädigungen an geschälten Zehen als aufgerissenes, oberflächlich eingetrocknetes Gewebe mit verbräunten Rändern erkennbar (Abb. 82). Die Verbräunungen entstehen durch pflanzenspezifische Oxidationsvorgänge. Beschädigungen der Zehen schwächen die pflanzliche Abwehr und erhöhen den Befall durch Pilze und Insekten (Abb. 83).

Regulierung (direkte und indirekte Gegenmaßnahmen)

Um Schäden zu vermeiden, sollten die Fallhöhen der Knoblauchzwiebeln bei der Ernte so niedrig wie möglich gehalten werden. Harte Materialien und scharfe Kanten beim Umladen der Ernte (am Förderband, bei händischer Reinigung, etc.) sollten gepolstert werden. Quellen: [70–72]



Abb. 80: Intakte äußerste Schale der frisch geernteten Zwiebel (a), Beschädigung am Hüllblatt darunter erkennbar (b), frische rissartige Beschädigung der Zehe darunter (c) (Fotos: K. Gasser, BOKU).



Abb. 81: Intakte Schale der getrockneten Knoblauchzwiebel (a), Beschädigung der Zehe erst am Hüllblatt darunter erkennbar (b) (Fotos: K. Gasser, BOKU).



Abb. 82: Mechanische Beschädigungen der Ernte nach der Trocknung werden erst beim Schälen offensichtlich (Foto: K. Gasser, BOKU).



Abb. 83: Mechanische Beschädigungen der Ernte nach der Trocknung mit sekundären Infektionen (Foto: K. Gasser, BOKU).

12.4 Schmutziger Rötleritterling

Beschreibung

Im Jahr 2020 wurde ein bislang unbekannter Pilz in einem Knoblauchfeld beobachtet. Charakteristisch war ein nesterweises Auftreten und ein lilafarbener Fruchtkörper (Schwammerl). Bemerkenswert war, dass die Fruchtkörper des Pilzes immer dicht neben einer Knoblauchpflanze zu finden waren (Abb. 84). Das Myzel haftet an den äußeren Laubschichten des Knoblauchs. Dieses Vorkommen direkt an der Knoblauchzwiebel ließ einen Schaderreger vermuten. Es handelt sich dabei allerdings um den Schmutzigen Rötleritterling (*Lepista sordida*), einen saprotrophen Pilz, der sich vorwiegend aus abgestorbenem, organischem Material ernährt. Der Schmutzige Rötleritterling ist nicht parasitisch und richtet daher keine Schäden an Knoblauch an. Laut Auskunft der österreichischen Mykologische Gesellschaft (Irmgard Greilhuber, pers. Mitteilung) ist der Pilz auch essbar.



Abb. 84: Schmutziger Rötleritterling (Fotos: S. Steinkellner, BOKU (a); J. Keferböck, LKNÖ (b)).



13. QUELLENVERZEICHNIS



- 1 FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, Zugriff: 07.03.2023.
- 2 Simon PW. The origins and distribution of garlic: How many garlies are there? <https://www.ars.usda.gov/midwest-area/madison-wi/vegetable-crops-research/docs/simon-garlic-origins/>, Zugriff: 03.03.2023.
- 3 Engeland RL. Growing great garlic- the definitive guide for organic gardeners and small. The definitive guide for organic gardeners and small farmers. Filaree Productions, Okanogan, WA 1991.
- 4 Searle F. World garlic market 'set for steady growth'. <https://www.fruitnet.com/fresh-produce-journal/world-garlic-market-set-for-steady-growth/175368.article>, Zugriff: 21.02.2023.
- 5 Lieberei R, Reisdorff C. Nutzpflanzen. 8., überarb. Aufl. Thieme, Stuttgart 2012.
- 6 Mann LK. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. Hilgardia 1952; 21: 195–251, doi: 10.3733/hilg.v21n08p195.
- 7 Guenaoui C, Mang S, Figliuolo G, Neffati M. Diversity in *Allium ampeloprasum*: from small and wild to large and cultivated. Genet Resour Crop Evol 2013; 60: 97–114, doi: 10.1007/s10722-012-9819-5.
- 8 Shemesh-Mayer E, Kamenetsky-Goldstein R. Traditional and novel approaches in garlic (*Allium sativum* L.) breeding. In: Johnson DV, Jain SM, Al-Khayri JM (Hrsg.). Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 8: Bulbs, Roots and Tubers 3–49. Springer, Cham, 2021. Doi: 10.1007/978-3-030-66965-2_1.
- 9 Meier U. Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen: BBCH Monografie. Open Agrar Repositorium 2018, doi: 10.5073/20180906-075119.
- 10 Lopez-Bellido FJ, Lopez-Bellido RJ, Muñoz-Romero V, Fernandez-Garcia P, Lopez-Bellido L. New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). Ann Appl Biol 2016; 169: 423–439, doi: 10.1111/aab.12312.
- 11 Johnson S. Increased profits from disease-free garlic planting stock. Final Report for LNE11-306 2015.

- 12 Burba JL. Garlic (*Allium sativum* L.) genetic improvement and seed production. Possibilities of adaptation to variable environments. Colombian Journal of Horticultural Science 2009; 3: 28–44.
- 13 Messiaen C-M. Les allium alimentaires reproduits par voie végétative. INRA, [Paris] 1993.
- 14 Lopez-Bellido F, Lopez-Bellido R. Clasificación de los distintos cultivares de ajo a nivel mundial. Vida Rural 2008; 2008: 22–27.
- 15 Meredith T. The complete book of garlic. A guide for gardeners, growers, and serious cooks. Timber Press, Portland, London 2008.
- 16 Lallemant J, Messiaen CM, Briand F, Etoh T. Delimitation of varietal groups in garlic (*Allium sativum* L.) by morphological, physiological and biochemical characters. Acta Hortic. 1997: 123–132, doi: 10.17660/ActaHortic.1997.433.10.
- 17 Requena Mut O. Internationale Arbeitstagung Obst und Gemüse. Spanish garlic production, Bonn, Germany 2018.
- 18 Portela JA, Lanzavechia S, Lopez AM, Burba JL. Ecophysiological groups of garlic cultivars: the updated Argentinean classification. Acta Hortic. 2016: 111–116, doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1143.16.
- 19 Burba J, Lanzavechia S. Manual para semilleros de ajo. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12006/INTA_CRMendozaSanJuan_EEALaConsulta_Burba%2C%20JL_Manual%20para%20semilleros%20de%20ajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y, Zugriff: 25.01.2023.
- 20 Cabrera J, López-Bellido FJ, Recio D, Alía JM, Serrano M, Verdejo C. Incidence of temperature-related abiotic diseases in Spanish garlic bulbs. Plant Protect. Sci. 2002; 38: 696–699, doi: 10.17221/10593-PPS.
- 21 Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des europäischen Parlaments und Rates. (EG) Nr. 396/2005 2022.
- 22 Põldma P, Merivee A, Pae A, Justus K. Influence of planting time on the development, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) in Estonia. Acta Hortic. 2005: 333–338, doi: 10.17660/ActaHortic.2005.688.49.
- 23 Madhu B, Mudgal VD, Champawat PS. Storage of garlic bulbs (*Allium sativum* L.): A review. J Food Process Eng 2019; 42, doi: 10.1111/jfpe.13177.
- 24 Durchführungserordnung (EU) Nr. 543/2011 der Kommission vom 7. Juni 2011. EU. DurchführungsVO (EU) Nr. 543/2011 (Kom). In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2011.
- 25 UNECE. UNECE-Norm FFV-18 für die Vermarktung und Qualitätskontrolle von Knoblauch. Ausgabe 2017. UNECE 2017. <https://unece.org/trade/wp7/FFV-Standards>, Zugriff: 18.08.2020.
- 26 Lebensmittelkennzeichnungsverordnung. LMKV 1993.
- 27 OECD. International Standards for Fruit and Vegetables Garlic. Aulx. OECD Publishing, Paris 2017.
- 28 Rout E, Nanda S, Joshi RK. Molecular characterization and heterologous expression of a pathogen induced PR5 gene from garlic (*Allium sativum* L.) conferring enhanced resistance to necrotrophic fungi. Eur J Plant Pathol 2016; 144: 345–360, doi: 10.1007/s10658-015-0772-y.
- 29 Cramer CS. Breeding and genetics of Fusarium basal rot resistance in onion. Euphytica 2000; 115: 159–166, doi: 10.1023/A:1004071907642.

- 30 Brayford D. IMI descriptions of fungi and bacteria set 127. *Mycopathologia* 1996; 133: 35–63, doi: 10.1007/BF00437097.
- 31 Schwartz HF, Mohan KS. *Compendium of onion and garlic diseases and pests*. 2nd ed. APS Press, St. Paul, Minn 2008.
- 32 Mondani L, Chiusa G, Battilani P. Fungi Associated with Garlic During the Cropping Season, with Focus on *Fusarium proliferatum* and *F. oxysporum*. *Plant Health Progress* 2021; 22: 37–46, doi: 10.1094/PHP-06-20-0054-RS.
- 33 Gálvez L, Palmero D. *Fusarium* dry rot of garlic bulbs caused by *Fusarium proliferatum*: A Review. *Horticulturae* 2022; 8: 628, doi: 10.3390/horticulturae8070628.
- 34 Cotten TK, Munkvold GP. Survival of *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, and *F. subglutinans* in maize stalk residue. *Phytopathology* 1998; 88: 550–555, doi: 10.1094/PHYTO.1998.88.6.550.
- 35 Dugan FM, Lupien SL, Hellier BC. Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. *Crop Protection* 2019; 116: 43–48, doi: 10.1016/j.cropro.2018.10.006.
- 36 Proctor RH, Desjardins AE, Moretti A. Biological and chemical complexity of *Fusarium proliferatum*. In: Strange RN, Gullino ML (Hrsg.). *The role of plant pathology in food safety and food security* 97–111. Springer Netherlands, Dordrecht, 2010, doi 10.1007/978-1-4020-8932-9_9.
- 37 Horáková MK, Tancik J, Barta M. *Fusarium proliferatum* causing dry rot of stored garlic in Slovakia. *J Plant Pathol* 2021; 103: 997–1002, doi: 10.1007/s42161-021-00883-5.
- 38 Dugan FM, Strausbaugh CA. Catalog of *Penicillium* spp. causing blue mold of bulbs, roots, and tubers. *mycotaxon* 2019; 134: 197–213, doi: 10.5248/134.197.
- 39 de la Parte EM, Ricabal PS, Rodríguez DG, Lorenzo ME. First report of garlic rust caused by *Puccinia allii* in Cuba. *New Disease Reports* 2015; 32: 30, doi: 10.5197/j.2044-0588.2015.032.030.
- 40 BLE BfLuE. Schnittlauch- und Porreerost (*Puccinia allii*, *Puccinia porri*). <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/schadorganismen-im-gemuesebau/schnittlauch-und-porreerost-puccinia-allii-puccinia-porri/>, Zugriff: 26.01.2023.
- 41 CABI. *Stromatinia cepivora* (white rot of onion and garlic). *Plantwise Plus Knowledge Bank* 2022; Species Pages, doi: 10.1079/pwkb.species.49145.
- 42 Elshahawy IE, Morsy AA, Abd-El-Kareem F, Saied NM. Reduction of *Stromatinia cepivora* inocula and control of white rot disease in onion and garlic crops by repeated soil applications with sclerotial germination stimulants. *Heliyon* 2019; 5: e01168, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01168.
- 43 OSU PCDoB&PP. Embellisia skin blotch. <https://bpp.oregonstate.edu/plant-clinic/plant-diseases/problems-stored-garlic/>, Zugriff: 26.01.2023.
- 44 Lee HB, Magan N. The influence of environmental factors on growth and interactions between *Embellisia allii* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* isolated from garlic. *International journal of food microbiology* 2010; 138: 238–242, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.019.

- 45 Zingales V, Taroncher M, Martino PA, Ruiz M-J, Caloni F. Climate change and effects on molds and mycotoxins. *Toxins* 2022; 14, doi: 10.3390/toxins14070445.
- 46 Jepson SB. Botrytis rot. <https://bpp.oregonstate.edu/plant-clinic/plant-diseases/problems-stored-garlic>, Zugriff: 16.01.2023.
- 47 CABI. Botryotinia porri (Botrytis rot of garlic). CABI Compendium 2021; 2021, doi: 10.1079/pwkb.species.9610.
- 48 Gálvez L, Gil-Serna J, García M, Iglesias C, Palmero D. Stemphylium leaf blight of garlic (Allium sativum) in Spain: Taxonomy and in vitro fungicide response. *The plant pathology journal* 2016; 32: 388–395, doi: 10.5423/PPJ.OA.03.2016.0063.
- 49 Misawa T, Yasuoka S. The life cycle of Stemphylium vesicarium, the causal agent of Welsh onion leaf blight. *J Gen Plant Pathol* 2012; 78: 18–29, doi: 10.1007/s10327-011-0352-8.
- 50 Dar AA, Sharma S, Mahajan R, Mushtaq M, Salathia A, Ahamad S, Sharma JP. Overview of purple blotch disease and understanding its management through chemical, biological and genetic approaches. *Journal of Integrative Agriculture* 2020; 19: 3013–3024, doi: 10.1016/S2095-3119(20)63285-3.
- 51 Villeneuve F, Erard P. L'ail. Ctifl, Paris 2012.
- 52 Mang SM, Altieri L, Candido V, Miccolis V, Camele I. Garlic (Allium spp.) viruses: detection, distribution and remediation attempts in a European garlic collection. *Not Bot Horti Agrobo* 2022; 50: 12779, doi: 10.15835/nbha50312779.
- 53 Kahrer A, Gross M. Gemüseschädlinge. Erkennung, Lebensweise, Bekämpfung. 1. Auflage Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf 2002.
- 54 McKinlay RG. Vegetable crop pests. Macmillan Press, London 1992.
- 55 Börner H, Schlüter K, Aumann J. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg 2009.
- 56 Sapáková E, Šefrová H, Hřivná L, Hasíková L. The intensity of infestation of garlic by Lilioceris merdigera and Oprohinus suturalis. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.* 2014; 62: 201–211, doi: 10.11118/actaun201462010201.
- 57 Perring TM. 3.2.7 Vegetables. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (Hrsg.). World crop pests. Their biology, natural enemies and control 593–610. Elsevier, 1996. Doi: 10.1016/S1572-4379(96)80038-8.
- 58 Moyses A. Die Knoblauchgallmilbe (Aceria tulipae): Ein versteckter Schädling an Knoblauch. *Gemüsebaupraxis* 2016; 23: 16–17.
- 59 Debnath P, Karmakar K. Garlic mite, Aceria tulipae (Keifer) (Acari: Eriophyoidea) – a threat for garlic in West Bengal, India. *International Journal of Acarology* 2013; 39: 89–96, doi: 10.1080/01647954.2012.739641.
- 60 MacLeod A. Csl pest risk analysis for Aceria tulipae. <https://planthealthportal.defra.gov.uk/data/pests/1387/data#risk-analyses>, Zugriff: 06/02/23.

- 61 Díaz A, Okabe K, Eckenrode CJ, Villani MG, Oconnor BM. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). *Experimental & applied acarology* 2000; 24: 85–113, doi: 10.1023/a:1006304300657.
- 62 Madeiras A. Bulb Mites. <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/bulb-mites>, Zugriff: 06/02/23.
- 63 Brust J. Garlic and bulb mites are a bad combination. <https://sites.udel.edu/weeklycropupdate/?p=13742>, Zugriff: 06/02/23.
- 64 Ferris H. *Pratylenchus penetrans*. <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G105S3.aspx>, Zugriff: 13.05.2022.
- 65 Hallmann J, Pflanzenschutz im ökologischen Landbau- Probleme und Lösungsansätze- Elftes Fachgespräch am 7. Februar 2006 in Münster : Pflanzenparasitäre Nematoden, Münster D, 2006.02.07. Pflanzenschutz im ökologischen Landbau- Probleme und Lösungsansätze- Elftes Fachgespräch am 7. Februar 2006 in Münster : Pflanzenparasitäre Nematoden. In: *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. Eigenverlag, Braunschweig, Deutschland, 2006.
- 66 Eder R, Kiewnick S. *Ditylenchus dipsaci* im Feld- und Gemüsebau. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/34959>, Zugriff: 08.10.2022.
- 67 Tenente RC. Nematode problems of bulbs, with special reference to *Ditylenchus dipsaci*. Symposium presentation at 24th annual meeting of ONTA in the Canary Island. *Nematropica* 1996; 26: 91–99.
- 68 OSU PCDoB&PP. Waxy breakdown. <https://bpp.oregonstate.edu/plant-clinic/plant-diseases/problems-stored-garlic>, Zugriff: 05.10.2022.
- 69 Ramsey GB, Wiant JS. Market diseases of fruits and vegetables : asparagus, onions, beans, peas, carrots, celery, and related vegetables, Washington, D. C. 1941.
- 70 Tanamati F, Hong G, Cantwell MI. Impact of storage temperatures and modified atmospheres on quality of fresh-peeled garlic cloves. *Acta Hortic.* 2016: 221–228, doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1141.26.
- 71 Hong S-I, Kim D-M. Storage quality of chopped garlic as influenced by organic acids and high-pressure treatment. *J. Sci. Food Agric.* 2001; 81: 397–403, Doi:10.1002/1097-0010(200103)81:4<397::AID-JSFA831>3.0.CO;2-R.
- 72 OSU OSUOV. Garlic. <https://horticulture.oregonstate.edu/oregon-vegetables/garlic-1>, Zugriff: 05.10.2022.



